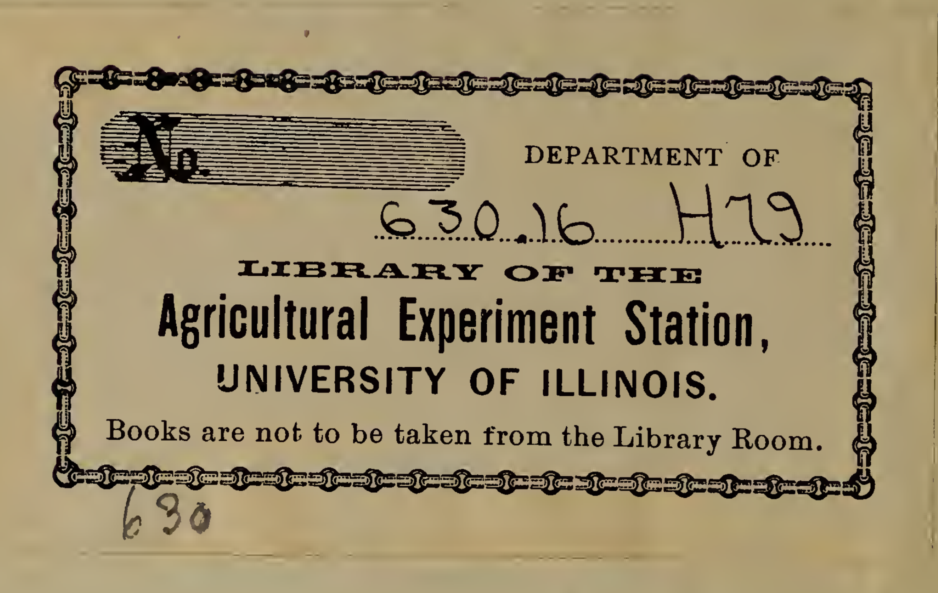
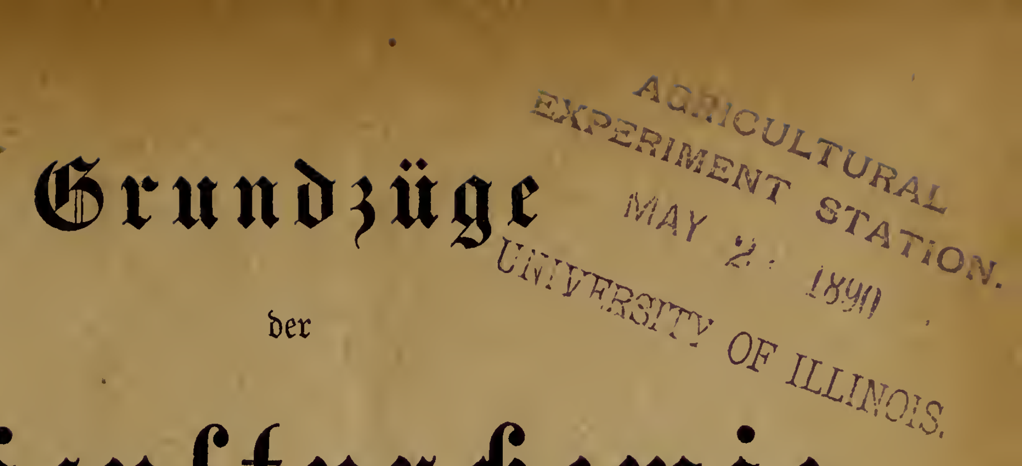



No.
DEPARTMENT OF
630.16 H79
LIBRARY OF THE
Agricultural Experiment Station,
UNIVERSITY OF ILLINOIS.
Books are not to be taken from the Library Room.
630



Grundzüge der Agriculturchemie.

Für den Gebrauch beim Unterricht
an
Land- und Forstwirthschaftlichen Lehranstalten

bearbeitet
von
Dr. A. Hosäus,
Lehrer am Großherzogl. Realgymnasium und an der Großherzogl.
Forstlehranstalt zu Eisenach.

Mit Holzschnitten und zwei Karten.

Heidelberg.
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.
1878.

gung für seine glückliche Thätigkeit ist. Das Hauptsächlichste für den Unterricht steht in jedem Paragraph voran und einiges zur Erörterung geeignete Material ist in kleinerem Druck jedesmal beigefügt.

Die organischen Wesen brauchen zu ihrer Existenz Stoffe der Atmosphäre, der Hydrosphäre und der Lithosphäre, und die kleine Arbeit bringt zunächst in gedrängter Kürze das Nothwendigste aus jenen Disciplinen, die schon früher, nach der Lehrverfassung unserer Anstalten, Berücksichtigung gefunden haben, die aber wohl immer einer Repetition und Befestigung bedürfen; die kurzen Andeutungen in dem kleiner Gedruckten sollen besonders hierzu dienen.

Im zweiten Abschnitt folgt dann eine Besprechung der Pflanze und der Produktion von organischer Substanz, während der dritte Abschnitt den Anbau der Culturgewächse behandelt. Selbstverständlich habe ich mich dabei auf das wissenschaftlich Feststehende beschränkt und offene Fragen zu vermeiden gesucht. Unfertiges gehört nicht in die Schule und auch die Ergebnisse der neuesten Forschungen in das Schulleben zu übertragen, habe ich mich nicht immer entschließen können, da bekanntlich solche Arbeiten immer eine längere Zeit zur vollkommenen Sicherstellung bedürfen. Auch muß sich die Schule beschränken, wenn sonst nicht das Bessere der Feind des Guten sein soll. Wenigen aber sichern Besitz, kein unsicheres Halbdunkel, sondern helles Sonnenlicht, keine leeren Marken, sondern deutliche und lebendige Begriffe müssen wir unsern Schülern verschaffen. Deßhalb ist nur so viel Material ausgewählt worden, als von der Schule bewältigt werden kann und unbedingt nothwendig ist, um ein Verständniß der alltäglichsten Erscheinungen und Verrichtungen zu vermitteln und den künftigen Wirth zu einem verstehenden und unter Umständen verbessernden zu machen. Die Schwierigkeiten hinsichtlich der Sichtung und der Auswahl und die Mühe, das gewählte Material in eine Form zu bringen, in welcher es zum Unterricht benutzt werden kann, werden meine Herren Collegen gewiß nicht unterschätzen.

Da ein Schulbuch nicht nur kurz und klar, sondern auch billig sein muß, so blieben die Abbildungen möglichst beschränkt; einige sind dem oben erwähnten Mayer'schen Lehrbuch der Agriculturchemie entnommen, andere nach Zeichnungen von Dr. O. Reichardt (siehe dessen Schrift: „Blicke in das Pflanzenleben") angefertigt worden. Außer den Jahresberichten der Agriculturchemie habe ich bei der Zusammenstellung besonders noch benutzt: Mayer, Agriculturchemie; Gohren, Naturgesetze des Pflanzenbaues, die Arbeiten von E. Wolff und die Düngerlehre von Heiden.

Die beigegebenen Karten werden sicher mit Dank angenommen werden und das kleine Buch nur brauchbarer machen.

Meinem werthen Collegen Dr. Böttger, der mir bei der Korrektur seine Hilfe lieh, sage ich an diesem Ort herzlichen Dank.

Eisenach, Ende März 1878.

Der Verfasser.

I. Abschnitt.

Die Grundlagen der Pflanzencultur.

Bei der Beobachtung unseres Planeten bemerken wir sofort, daß derselbe aus drei großen Gliedern besteht, welche eine gewisse Unabhängigkeit und Selbständigkeit behaupten und eine bestimmte räumliche Absonderung zeigen, welche aber trotzdem so innig mit einander verbunden sind, daß sie nicht ohne einander bestehen können. Die drei Glieder sind: die Erde, d. h. die Erdfeste oder Erdkruste, die starre Schale unseres Planeten, das Wasser, welches die großen Vertiefungen der festen Erdkruste ausfüllt und die Luft, welche den ganzen Planeten als gasförmige Hülle umgibt. Für die Pflanzencultur ist jedes dieser drei Glieder von der größten Bedeutung. Machen wir uns einigermaßen damit bekannt.

1. Kapitel. Die Luft und das Wasser.

Die Bestandtheile der Luft.

§ 1. Die atmosphärische Luft ist ein aus etwa 23,1 Gewichtstheilen Sauerstoffgas und 76,9 Gewichtstheilen Stickstoffgas bestehendes Gemenge. Außerdem enthält die atmosphärische Luft noch kleine Quantitäten von Kohlensäure, Salpetersäure, Ammoniakverbindungen, Wasserdampf, Staub des Erdbodens, Salz des Meeres u. s. w. Von diesen Bestandtheilen kommen nur der Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf und Kohlensäure in so großen Mengen vor, daß sie sich der Menge nach durch chemische Untersuchungen bequem feststellen lassen. Die Quantitäten der Uebrigen sind so außerordentlich gering und schwankend, daß das Letztere bei ihnen nur ausnahmeweise geschieht. Die Mengen von Wasserdampf und Kohlensäure, welche in der Luft enthalten sind, sind allerdings auch großen Schwankungen unterworfen; indeß lassen sich bei ihnen Durchschnittszahlen annehmen, und man kann folgende Zusammensetzung der Luft als die durchschnittlich richtige betrachten.

In 100 Raumtheilen Luft sind enthalten:

Stickstoffgas	78,35
Sauerstoffgas	20,77
Wasserdampf	0,84
Kohlensäure	0,04
	100,00

Die Luft ist keine chemische Verbindung, sondern nur ein Gemenge. Wodurch sind diese charakterisirt? Ihre Dichtigkeitsverhältnisse, ihre Bestandtheile, die Strömungen derselben, ihr Feuchtigkeitsgehalt und die dadurch bedingten Niederschläge, sowie die Verbreitung der Wärme in der Atmosphäre sind die wesentlichsten Momente für die Entwicklung der Pflanzen und Thiere.

§ 2. Wie die Atmosphäre hinsichtlich ihrer Eigenschaften mit denjenigen der Gase übereinstimmt, so gehorcht sie auch wie jene dem von Mariotte aufgefundenen Gesetze, d. h. ihr Volumen vermindert oder vergrößert sich in demselben Verhältnisse, in welchem der auf ihr lastende Druck zu- oder abnimmt, oder mit anderen Worten:

Je kleiner der Raum ist, in welchem die Luft zusammengepreßt ist, um so größer ist ihre Spannkraft und einer desto größern drückenden Kraft vermag sie das Gleichgewicht zu halten.

Daraus, daß die atmosphärische Luft dem obigen Gesetz gehorcht, ergiebt sich, daß ihre Dichte nicht überall gleich sein kann, und daß die untern Luftschichten dichter, oder was dasselbe ist, schwerer sein müssen, als die oberen, weil sie das Gewicht der letzteren zu tragen haben und dadurch mehr zusammengedrückt werden. Auf den tiefsten Stellen der Erdoberfläche, an dem Spiegel des Meeres wird daher die Atmosphäre am dichtesten sein und hier wird sie mit ihrem ganzen Gewicht drücken. Je mehr man sich dagegen über den Meeresspiegel erhebt, um so geringer wird der Luftdruck werden.

Zum Messen des Luftdruckes bedient man sich des Barometers (Wetterglas). Eine vom Spiegel des Meeres bis an die Grenzen der Atmosphäre reichende Luftsäule wiegt so viel als eine Quecksilbersäule von 760 mm Höhe. Die Quecksilbersäule in der Barometerröhre wird von dem Luftdruck getragen und im Gleichgewicht gehalten und unsere ganze Atmosphäre würde so viel wiegen als eine Quecksilbermasse, welche die ganze Erdkugel in einer 760 mm hohen Schicht umschlösse, oder da das Quecksilber $13^1/_2$mal schwerer ist als das Wasser, wie eine sie umgebende Wassermasse von mehr als 10 Meter Höhe. Bekanntlich dürfen auch Saugpumpen nicht höher sein als höchstens $10^1/_3$ Meter, weil der Luftdruck, welcher das Wasser in der Pumpenröhre in die Höhe treibt, nur im Stande ist, eine Wassersäule von der genannten Höhe zu tragen. — Auf jedes Quadratcentimeter Oberfläche der Erde drückt die Luft mit einem Gewicht von 1,033 Kilogramm. Der menschliche Körper besitzt ungefähr eine Oberfläche von $1^1/_4$ □m und würde demnach einen Luftdruck von mehr als 26,000 ℔ auszuhalten haben. Daß wir von diesem ungeheuren Druck, welchem wir stets ausgesetzt sind, nichts merken, beruht

darauf, daß unser Körper kein luftleerer Raum ist, sondern eingeschlossene Luft enthält, welche dem Luftdruck das Gleichgewicht hält, und daß der Luftdruck gleichmäßig nach allen Seiten hin wirkt. Sobald der Luftdruck nur einseitig wirkt oder ein luftverdünnter Raum vorhanden ist, so wird er bemerkbar, und jeden Augenblick kann er gezeigt werden.

Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen; letztere sind leicht, erstere schwer oder nicht in einen anderen Zustand umzuwandeln. Geschichtliches über das Bekanntwerden des Luftdruckes. Einfluß von verdünnter Luft auf den menschlichen Körper, bei dem Besteigen hoher Berge und den Fahrten der Luftschiffer. Nachweis des Luftdruckes in verschiedener Weise, z. B. durch Verdünnen der Luft in einer Wasserflasche mittelst eines brennenden Spahns. Ein gekochtes, geschältes Ei wird hineingetrieben u. s. w.

§ 3. Je mehr man sich von dem Meeresspiegel aufwärts entfernt, um so geringer wird der Luftdruck und um so niederer muß auch der Stand der Quecksilbersäule in dem Barometer werden. Deßwegen kann man auch das Barometer zur Messung von Höhen und Bergen benutzen. Aus der Differenz des Quecksilberstandes im Thale und auf dem Berg läßt sich durch Rechnung die Höhe des letzteren finden. Eine weitere und wohl die häufigste Anwendung findet das Barometer als Wetterglas. Da es aber nicht die Veränderung der Witterung, sondern nur diejenige des Luftdruckes anzeigt, so werden die aus dem Stand der Quecksilbersäule in der Barometerröhre zu ziehenden Schlüsse nicht immer zutreffen können. Der häufig mit dem Fallen des Quecksilbers eintretende Regen erklärt sich daraus, daß durch Uebergang des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes in tropfbares Wasser die Spannkraft und somit auch der Druck der Luft geringer wird und in Folge dessen auch der Stand der Quecksilbersäule ein tieferer werden muß. In neuerer Zeit werden vielfach die Aneroidbarometer zu Wetterbeobachtungen benutzt.

Weitere auf dem Druck der Luft beruhende Vorrichtungen sind: die Saugpumpe, die Druckpumpe, die Feuerspritze, der Blasebalg, das Trinken, Rauchen u. s. w. Bei dem Aneroidbarometer wirkt der Luftdruck auf eine leere Blechkapsel, die einen Zeiger bewegt. Vorzügliche Dienste des Barometers auf den Sturmstationen. Abhängigkeit der Barometerschwankungen von der Windrichtung. Periodische und unregelmäßige Schwankungen.

§ 4. Da, wie schon öfter erwähnt, die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft nach dem Mariotte'schen Gesetz abnimmt und da nach diesem Gesetze die Dichtigkeit proportional dem Drucke ist, so muß diejenige der Luft sich bei zunehmender Entfernung von der Erde vermindern und man hat durch Rechnung gefunden, daß sie schon in einer Höhe von ungefähr einer deutschen Meile nur noch halb so groß ist wie am Spiegel des Meeres. Ein Raumtheil ist dort zu zwei Raumtheilen ausgedehnt und die Quecksilbersäule wird in dem Barometer nur halb so hoch wie am Meeresspiegel stehen.

Die Luft nimmt an der jährlichen und täglichen Umdrehung der Erde Antheil und ist ein Rotationssphäroid. Die Höhe der Atmosphäre wird zu 60—90 Kilometer angenommen; am Aequator ist sie wahrscheinlich bedeutender. Am Niveau des Meeres wiegt 1 Liter Luft bei 0° Cels. 1,293 grm.; sie ist 770mal leichter als Wasser. Aus dem Gesammtdruck der Atmosphäre hat man ihr Gewicht zu $5^1/_8$ Trillionen Kilogramm berechnet. Die Anziehungskraft der Erde verhindert die Verbreitung in dem Weltraum.

§ 5. Wie die Dichte, so ist auch die Temperatur der Luft an der Erdoberfläche am größten und nimmt mit der Höhe ab. Die Abnahme ist aber nach Zeit und Ort eine verschiedene, sie ist im Winter geringer als im Sommer, weil in der kalten Jahreszeit die auf dem Boden liegende Luft weniger hoch erwärmt wird. In gebirgigen Gegenden ist im Spätherbst und Winter die Atmosphäre oft sogar in nicht zu großer Höhe wärmer als auf dem Boden. Die allgemeine Temperaturabnahme nach oben hin ist aber auch abhängig von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luftschichten; sie erfolgt in trockener Luft rascher als in feuchter. Die Ungleichheit in der Temperatur der Luft bedingt den Wind. Die zuerst eintretende Bewegung ist stets ein aufsteigender Strom. Die erwärmte Luftschichte erhebt sich und kältere strömt zurück. In einer Höhe von $1^1/_2$ deutsch. Meilen, meint man, herrsche das ganze Jahr eine gleiche Temperatur. Das Jahresmittel der Waldluft bleibt um nahezu 1° Cels. hinter dem der Luft im Freien zurück.

Die Wärme-Verhältnisse der Atmosphäre hängen fast allein von den Wirkungen der Sonnenstrahlen ab, und die Erdmasse übt auf die Lufttemperatur kaum einen bemerkbaren Einfluß. Am Aequator werden die Luftschichten stärker erwärmt als an den Polen, weil die Sonnenstrahlen senkrechter auffallen und der Boden mehr Wärme zurückwirft und ausstrahlt. Indirekte Erwärmung der Luft. Nur ein Bruchtheil ($^1/_5$) der von der Sonne ausgestrahlten Wärme wird direkt von den Bestandtheilen der Luft absorbirt.

§ 6. Aber nicht allein der Wind wird bedingt durch die verschiedenen Temperaturen der Luft, sondern auch die Bildung der Wolken und die damit im Zusammenhang stehende Entstehung des Thaus, Regens, Reifes, Schnees und Hagels. Diese Erscheinungen hängen ab von der Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes, und die Menge der Wasserdämpfe, welche von der Oberfläche des Meeres, der Seen, der Flüsse und des feuchten Bodens in die Luft aufsteigen kann, wird stets von der herrschenden Temperatur bedingt. In heißen Gegenden ist sie größer als in kälteren, im Sommer größer als im Winter, am Tage größer als in der Nacht. Je wärmer die Luft ist, um so mehr wird sie Wasserdampf aufnehmen können; wird sie kälter, so wird sich der Wasserdampf verdichten und in starrer Form als Schnee, Hagel, oder in flüssiger als Thau und Regen ausscheiden. Das Beschlagen von kälteren Gegenständen, welche in ein warmes Zimmer gebracht werden, ist eine Thaubildung im Kleinen. Die den kalten Gegenstand, beispielsweise ein Trinkglas, umgebenden Luftschichten werden durch dasselbe etwas abgekühlt, sie vermögen

nicht mehr die Menge des Wassers im dampfförmigen Zustande zu erhalten und ein Theil desselben setzt sich in den tropfbaren Zustand zurückkehrend an das Glas. Wenn in heitern windstillen Nächten die Erdoberfläche und die Gegenstände auf derselben durch Ausstrahlung erkältet werden, d. h. gewissermaßen Wärmestrahlen in die kältere Luft aussenden und dadurch selbst abgekühlt werden, kühlen sie auch die Luft um sich her ab und verursachen die Verdichtung der Wasserdämpfe zu tropfbar flüssigem Wasser, welches sich als Thau auf dieselben niederschlägt. Nicht alle Körper kühlen sich aber gleichmäßig ab und folglich werden sie auch nicht alle mit Thau bedeckt werden. Metalle, Sand, Steine u. a. halten die Wärme fester als Blätter und Pflanzen, und darum werden diese am meisten bethaut. Sucht man durch eine Decke oder Schirm die Abkühlung des Bodens zu verhindern, so thaut es nicht, wie unter Zelten oder Strohmatten; die ausgestrahlte Wärme wird von diesen wieder zurückgeworfen. Dasselbe geschieht auch durch dichte Wolken. Bei bewölktem Himmel ist der Thau stets nur gering. Ebenso auch bei windigem Wetter. Bei diesen herrscht ein fortwährender Luftwechsel, wärmere Luft kommt mit den Gegenständen der Erdoberfläche in Berührung und zieht so rasch an ihnen vorüber, daß sie nicht bis zur Thaubildung abgekühlt werden und kein Niederschlag erfolgen kann.

Wird die Temperatur so sehr erniedrigt, daß die Körper bis unter den Eispunkt abgekühlt werden, so erscheint statt des Thaus der Reif, statt des Regens der Schnee.

Weiter wird auch die Luft abgekühlt und somit der Wasserdampf verdichtet bei dem Zusammentreffen von feuchter, warmer und kalter Luft. Es bilden sich kleine Bläschen und Tröpfchen, welche in der Luft schweben, als Nebel oder Wolken, und als Regen zur Erde gelangen, wenn sie zu größern Tropfen verdichtet worden sind. Im Sommer tritt Regen ein, wenn die Atmosphäre durch einen kälteren Luftstrom abgekühlt, im Winter, wenn sie durch einen wärmern Strom erwärmt wird. Die Bildung des Hagels bedarf noch der Aufklärung.

Wegen der verschiedenartigen Verhältnisse ist es schwierig, die Wassermengen, welche als Thau fallen, zu bestimmen. Der Regen wird mit Hilfe der Regenmesser seiner Menge nach festgestellt. Dem Landwirth ist das Aufstellen solcher Instrumente sehr zu empfehlen. In Süddeutschland beträgt die Menge der atmosphärischen Niederschläge etwa 25 Zoll im Jahr, in Mittel- und Norddeutschland etwa 20 Zoll. In verschiedenen Jahren schwanken die Regenmengen sehr bedeutend, sie nehmen unter gleichen Umständen ab, je weiter landeinwärts östlich die Orte liegen. Für Aachen berechnet sich die jährliche Regenmenge auf 25,7, für Bonn auf 24,7, Hannover 20,13, Halle 19,0, Breslau 17,5, Polnisch Wartenberg auf 11,5 Zoll. In gebirgigen Gegenden nimmt die Regenmenge zu; in Clausthal am Harz fällt 47,8 Zoll, während die Ebenen rings umher nur 20—25 Zoll erhalten. Das Maximum, welches in Deutschland fällt, haben die Alpen. In Alt-Aussee, südöstlich von Salzburg, beträgt die jährliche Menge 62 Zoll. Die jährliche Thaumenge von

England wird auf 5 Zoll geschätzt. Für vegetationslosen Boden ist pro Jahr und Joch 102773 Pfund berechnet worden.

§ 7. Stickstoff und Sauerstoff (⁴/₅:¹/₅) bilden, mit einander gemengt, die atmosphärische Luft, und die übrigen schon genannten, darin auftretenden Verbindungen, Kohlensäure, Wasserdunst, Staub des Erdbodens, Ammoniak und Salpetersäure können als Beimengungen betrachtet werden. Die Zusammensetzung der Luft ist sehr wenig veränderlich und muß es auch sein, wenn nicht die gewaltigsten Störungen in dem Haushalte der Natur eintreten sollen. Nähme z. B. die Menge des Sauerstoffgases überhand, so würde der Erdball in Flammen aufgehen, da dieser Körper die Verbrennung im höchsten Grade befördert. Nähme der Stickstoffgehalt zu, so würde das Leben der Thiere unmöglich werden, weil derselbe nicht im Stande ist, dasselbe zu unterhalten. Doch auch die an sich kleinen Mengen der Kohlensäure, des Ammoniaks u. dgl. sind von der größten Bedeutung für die bestehenden Verhältnisse und von ganz besonderer Wichtigkeit für die Landwirthschaft. — Der größte Theil des trockenen Pflanzenkörpers besteht aus Kohlenstoff, und die Kohlensäure der Atmosphäre ist die Quelle, aus welcher die Pflanzen ihren Bedarf an Kohlenstoff schöpfen. Durch ihre Wurzeln und Blätter nehmen diese die Kohlensäure auf, zerlegen sie innerhalb ihres Körpers, athmen den Sauerstoff aus und behalten den Kohlenstoff für sich, als hauptsächlichstes Baumaterial für die Vergrößerung ihres Körpers.

Die ganzen ungeheuren Massen von Kohlenstoff, welche uns in Form von Stein- und Braunkohlen, von Holz und anderem Brennmaterial entgegentreten und einen wesentlichen Theil aller Pflanzenkörper ausmachen, sind auf Kosten der atmosphärischen Luft entstanden, und tagtäglich werden derselben durch die Vegetation große Mengen entzogen. Trotz des großen Verbrauchs und der immerwährenden Verluste hat sich aber die Menge der in der Luft enthaltenen Kohlensäure nicht vermindert, ist Jahrtausende hindurch eine gleiche geblieben und wird es weitere Jahrtausende bleiben, denn was auf der einen Seite durch die Pflanzen verbraucht wird, wird reichlich auf der andern Seite wieder ersetzt. Thiere und Menschen athmen Kohlensäure aus. Bei jedem Verbrennungsvorgange werden große Mengen gebildet, und bei jeder Zersetzung organischer Substanzen, wie sie fortwährend als Fäulniß, Gährung, Verwesung stattfindet, entstehen nicht minder beträchtliche Quantitäten. — In der Nähe vulkanischer Gebirge strömt sie in großer Menge aus der Erde (Hundsgrotte bei Neapel) und entwickelt sich aus vielen Mineralwässern; so entweichen aus dem Nauheimer Wasser täglich gegen 7000 Kubikmeter Kohlensäure. In vulkanischen Gegenden ist dieselbe häufig in Kellern und Brunnen angesammelt und findet sich in Bergwerken unter dem Namen der bösen oder stickenden Wetter. Ein Mensch athmet in 24 Stunden gegen 1 Kilogrm. oder 500 Liter Kohlensäure aus. Die Bevölkerung der Erde (1000 Mill.) producirt jährlich 161700 Cub.-Meter = 0,4 Cub.-Meile Kohlensäure. Daß sich trotzdem die Kohlensäure nicht anhäuft, verhindern die Pflanzen,

indem sie gleichzeitig durch ihre Sauerstoffausathmung dafür sorgen, daß genügende Mengen des für das Leben der Menschen und Thiere unentbehrlichen Gases in die Atmosphäre gelangen.

Stickstoff und Sauerstoff sind in der Luft überall auf allen Punkten der Erdoberfläche und in den höchsten erreichbaren Höhen in demselben Verhältniß vorhanden. Ihr Gehalt an Wasserdampf ist, wie die täglichen Beobachtungen zeigen, sehr wechselnd. Ebenso schwankt der Gehalt der Luft an Kohlensäure an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten. Im Großen und Ganzen gleichen sich diese Schwankungen aus. Luft, die in halbgefüllten Flaschen, welche in Pompeji ausgegraben worden, der Untersuchung zugänglich war, zeigte dieselbe Zusammensetzung, auch hinsichtlich der Kohlensäure, wie die uns umgebende.

§ 8. Local und mehr oder weniger vorübergehend können sich in der Atmosphäre noch ansammeln: Ammoniak bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Stoffe, Salpetersäure unter dem Einfluß des elektrischen Funkens, Chlorwasserstoff, schweflige Säure und freier Wasserstoff in der Nähe der Krater thätiger Vulkane. Fast überall findet sich, wenn auch in sehr kleinen Quantitäten und wegen der Kleinheit seiner Theilchen dem unbewaffneten Auge nicht sichtbar, der Staub des Erdbodens. Auf dem offenen Weltmeer und den entlegensten Gebirgshöhen und Gletschern ist er bemerkt worden. — Nach Bestimmungen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten enthält die Luft 0,02—0,08 Millionstel Ammoniak in Verbindung mit Salpetersäure oder Kohlensäure. Der Salpetersäuregehalt der Atmosphäre schwankt noch mehr wie der des Ammoniaks und läßt sich nicht genau angeben.

Während die Kohlensäure an den verschiedensten Orten der Erde gasförmig ausströmt, sehr verschiedenartige und reichlich fließende Quellen hat und sich durch direkte Oxydation des Kohlenstoffs zu bilden vermag, ist dies hinsichtlich des Ammoniaks und der Salpetersäure nur in beschränkter Weise der Fall. Die Salpetersäure bildet sich: 1) bei der Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Körper bei Gegenwart starker Basen und 2) durch direkte Vereinigung des freien Stickstoffes der Atmosphäre mit dem Sauerstoff der Luft unter Einfluß des elektrischen Funkens. Dabei wird der Sauerstoff zunächst ozonisirt und in seine, unter dem Namen Ozon oder aktiver Sauerstoff bekannte Modification umgewandelt. Weiter bildet sich salpetrigsaures Ammoniak bei einer Reihe von Vorgängen, welche täglich verlaufen, z. B. bei dem Verbrennen von Holz und anderen Leuchtmaterialien, wenn Wasser in atmosphärischer Luft verdunstet u. s. w. Ammoniak bildet sich bei der Verwesung, Fäulniß und überhaupt der Zersetzung aller stickstoffhaltigen organischen Verbindungen und ist die Vorstufe zur Salpetersäure-Erzeugung. Bei der Zersetzung jener Stoffe geht aber nicht aller Stickstoff in die Form von Ammoniak über, sondern ein Theil entweicht als freier Stickstoff, am meisten, wenn die Umbildung unter Wasser erfolgt. Die Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure tritt nur ein bei der Gegenwart von Basen.

Die Verwesung ist ein Oxydationsprozeß und bedarf des Luftzutrittes; die Fäulniß gilt als eine Reduktion und verläuft auch, nach ihrer Einleitung, bei Luftabschluß. Gährung im engern Sinn ist eine Zersetzung, die nur erfolgt nach Zusatz eines Fermentes oder Gährung erregenden Körpers. Rolle der Pilze, Ansichten von Pasteur und Liebig. Nur die Salpetersäure, welche unter Einfluß des elektrischen Funkens entsteht, und die aus dem salpetrigsauren Ammoniak sich bildende kommt in der Luft vor. Oxydationen von Ammoniak vermittelst starker Basen verlaufen nur in der Erde. Die Bildung von salpetrigsaurem Ammoniak bei den Verbrennungsvorgängen u. s. w. ist von Schönbein bemerkt worden. In dem porösen Boden sollen alkalische Erden und Alkalien ebenfalls eine Vereinigung des freien Stickstoffes mit dem Sauerstoff der Luft zu Salpetersäure bewirken können.

§ 9. Die ab und zu auftretenden trockenen Nebel, der sog. Höherauch, bestehen aus Kohlen und Staubtheilchen und sind in dem nordwestlichen Deutschland auf das Moorbrennen zurückzuführen. Anderwärts hat man auch vermocht, besonders starke trockene Nebel mit vulkanischen Erscheinungen in Verbindung zu bringen.

Berühmt ist der trockene Nebel des Jahres 1783, welcher sich über ganz Europa und einen Theil von Asien erstreckte. Die gelbbraune Färbung der Luft war so stark, daß sie das deutliche Sehen hinderte und die Sonnenscheibe röthlich erschien. Die Luft war dabei sehr trocken und es herrschte eine große Dürre. In Deutschland werden die Moore im Mai und Juni zum Anbau von Buchweizen und Roggen tauglich gemacht; es sind noch vor kurzem jährlich 30—40,000 Morgen gebrannt worden. Zur Zeit wird mit Recht lebhaft dagegen agitirt. Dem gewöhnlichen Nebel, das ist Wasserdunst, oder Wolken, die sich dicht über der Oberfläche der Erde befinden, mischen sich besonders in großen Städten Staub und Ausdünstungen aller Art bei. Dadurch entstehen die sog. gemischten Nebel, die oft recht übelriechend und schädlich sind.

Das Wasser.

§ 10. Das Wasser kommt in drei verschiedenen Zuständen vor und bedeckt beinahe drei Viertheile der Erdoberfläche. In fester Form findet es sich als Eis auf dem Gipfel hoher Berge und in den Polargegenden der Erde, als Wasser füllt es die großen Vertiefungen unseres Planeten, als Dampf oder Dunst steigt es in die Atmosphäre, bildet Nebel oder Wolken und fällt in flüssiger oder fester Form wieder auf die Erde zurück. Schon die täglichen Beobachtungen zeigen, daß sein Aggregatzustand, ob er fest, flüssig oder luftförmig ist, durch die Wärme bedingt wird. Bei einer Temperatur unter 0^0 ist es fest; steigt dieselbe über 0^0, so schmilzt es und wird flüssig. Bei dem Erhitzen über 100^0 C. verwandelt es sich in ein farbloses Gas. Es besteht aus zwei Raumtheilen Wasserstoff und einem Raumtheil Sauerstoff.

Von den 9,260,000 Quadratmeilen, welche in runder Zahl die Oberfläche der Erde bilden, sind 2,460,000 Quad.-Meilen Land und 6,800,000 Q.M. Wasser. Das Meerwasser enthält eine große Menge von Salzen und Gasen. In den offenen Meeren ist der Salzgehalt

fast constant und beträgt 3,5 Proz.; in den Binnenmeeren und solchen, die mit dem Weltmeere nur durch schmale Wasserstraßen zusammenhängen, schwankt er. In der Ostsee sinkt der Salzgehalt bis auf 1,08 Proz.; im Mittelmeer steigt er bis 3,8 Proz. Das todte Meer enthält 25,5 Proz. feste Bestandtheile. Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure sind die Gase, die besonders im Wasser gelöst sind. Von ihrer Anwesenheit hängt die Möglichkeit des organischen Lebens im Wasser ab. Das Wasser absorbirt aber die Luft nicht als solche, sondern es löst den Sauerstoff in verhältnißmäßig größerer Menge.

In 100 Theilen Meerwasser sind enthalten 2,700 Chlornatrium, 0,360 Chlormagnesium, 0,230 Magnesiumsulfat, 0,140 Calciumsulfat, 0,003 Calciumcarbonat, 0,070 Chlorkalium und 0,002 Brommagnesium. Außerdem sind in Spuren noch 20 Elemente darin gefunden worden, u. a. Jod und Silber in erheblicheren Mengen, — halbsalziges Wasser, in den Mündungen der großen Flüsse, heißt Brackwasser. — Sauerstoff und Stickstoff sind in dem Wasser in dem Verhältnisse von 34 : 66 enthalten; in der Luft wie 21 : 79. Die im Wasser enthaltene Kohlensäure spielt als Lösungsmittel vieler Verbindungen eine besonders wichtige Rolle.

§ 11. Die Dichte oder das specifische Gewicht des reinen Wassers ist niedriger als diejenige des Meereswassers, dessen Salzgehalt eine größere Dichte bedingt. Bei einem Salzgehalt von 3,5 Proz. und 20° C. beträgt das spec. Gewicht des letzteren 1,0264. Das Süßwasser hat seine größte Dichte bei 4° C., seinen Gefrierpunkt bei 0°. Sowohl bei der Abkühlung unter 4°, als bei der Erwärmung dehnt es sich aus und wird leichter. Bei dem angegebenen mittleren Salzgehalt liegt der Gefrierpunkt des Meerwassers bei — 2,5° C. Seine Dichte nimmt zu bis zum Gefrierpunkt und erreicht erst bei — 3° den höchsten Punkt.

In den Polarmeeren kann die Temperatur bis unter 0° sinken und sich bis zu — 2 und — 3° erniedrigen. Unter den Tropen herrscht in großen Meerestiefen eine niederere Temperatur, als an der Oberfläche; sie beträgt oftmals nur + 0,2—4° C. und nimmt nach der Tiefe hin ab. Dagegen ist eine Folge des eigenthümlichen Verhaltens des Süßwassers, daß es bis auf 4° abgekühlt zu Boden sinkt, und alle tiefern Wasserschichten, in einer Tiefe von 40 — 50 Meter eine stets gleiche Temperatur von nahezu 4° besitzen. An der Oberfläche hängt die Temperatur des Wassers von derjenigen der Luft ab.

§ 12. Der Kreislauf des Wassers (das Aufsteigen desselben als Wasserdunst, seine Verdichtung in der Atmosphäre und das Zurückgelangen zur Erdfeste) ist ein ununterbrochener. Durchschnittlich kann man annehmen, daß der dritte Theil der atmosphärischen Niederschläge sofort wieder verdunstet oder von den Organismen und vorwiegend von den Pflanzen aufgenommen wird. Ein weiteres Drittel saugt der Boden auf, und das letzte fließt oberflächlich ab, um durch Bäche und Flüsse weitergeführt zu werden. Das vom Boden aufgesaugte Wasser dringt durch Risse und

Klüfte, oder vermöge der Haarröhrchen-Anziehung und der Porosität der Gesteine in dieselben und das Innere der Erde ein und erscheint in den Erdschichten als frei circulirendes Wasser, als Gebirgsfeuchtigkeit in den Poren der Gesteine und als Grundwasser auf mehr oder weniger undurchlassenden Schichten. Dem in dem Boden frei beweglichen Wasser verdanken die Quellen ihren Ursprung; ihre Ergiebigkeit hängt von den atmosphärischen Niederschlägen ab.

Das Wasser verwandelt sich bei jeder Temperatur in Dampf, natürlich im Sommer rascher als im Winter, aber auch bei strenger Winterkälte gibt das Eis noch Wasserdampf ab. Unter den Tropen ist die Dampfbildung stärker als an den Polen, über dem Meere bedeutender als über dem festen Land. Durch die Wirkungen der Wärme selbst wird ein Ausgleich dieser Unterschiede herbeigeführt; die Aequatorialluft gießt auf ihrem Zug nach den Polen die Fülle ihres Wasserdampfes über die trockenen Continente und bildet in den kälteren Regionen Wolken und Regen, die sich zu Quellen und Bächen ansammeln. Mit dem Wasserdampf nimmt die vom Aequator kommende Luft aber auch eine beträchtliche Menge von Wärme mit, die sie abgibt, sobald der Wasserdampf wieder tropfbar flüssiges Wasser wird. Unter den Tropen dient die Verdampfung, wegen der damit bedingten Bindung von Wärme, zur Abkühlung; in den kälteren Erdstrichen zu einer indirekten Erwärmung. In den wasserlosen Gegenden Afrikas steigt die Wärme am höchsten, und die strengste Kälte herrscht in dem an Wasserdampf und Niederschlägen armen Sibirien. Einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Bodenfeuchtigkeit übt der Schneefall aus. Es wog die Schneedecke von:

	Auf 1 Mrg. berechnet ergibt sich daraus
1 □Fuß Fläche und 5″ hoch bei 2° R. = 2385 Grm.	= 123,638 Pfd.
1 „ „ „ 4″ „ „ 2° „ = 1950 „	= 101,088 „

Die durchschnittliche Wassermenge, welche innerhalb eines Monats auf einen Morgen fällt, beträgt ungefähr 220,000 Pfund, und schon ein mäßiger Schneefall würde genügen, um dieses monatliche Mittel zu decken. Die verminderte Wasserverdunstung aus dem Boden und durch die Pflanzen trägt dann weiter wesentlich dazu bei, daß sich die sogenannte Winterfeuchtigkeit ansammeln kann, und große Wassermengen für die Zeit des Verbrauchs in dem Boden vorräthig gehalten werden können.

§ 13. Auf die feste Erdkruste wirkt das Wasser chemisch und mechanisch ein. Die Wirksamkeit des Süßwassers, d. h. des nicht salzig schmeckenden Wassers, als chemisches Agens beruht auf seiner Eigenschaft, Gase und feste Körper auflösen zu können. Kein in der Natur frei vorkommendes Wasser ist chemisch rein. Das reinste Wasser, das Regenwasser, enthält Luft und Kohlensäure, daneben die in der Atmosphäre vorkommenden Verbindungen. In einem Liter desselben ist durchschnittlich enthalten 0,0005 — 0,004 grm. Ammoniak und 0,0005 — 0,01 grm. Salpetersäure. Thau, Nebel, Schnee- und Hagelwasser enthalten oft mehr, oft weniger Ammoniak als das Regenwasser und schwanken hinsichtlich der Salpetersäure innerhalb der angegebenen Grenzen. Die Absorptionsfähigkeit des Wassers für Kohlensäure nimmt bei zunehmendem Druck zu; dasselbe Wasservolum

vermag bei jedem Druck dasselbe Volum Kohlensäure aufzunehmen: bei 1 Atmosphäre 1 Volumen, bei 2 Atmosphären 2 Volumen u. s. w. In Folge davon und der ebenfalls in Betracht kommenden verschiedenen Temperatur des Wassers ist sein Gehalt an Kohlensäure sehr schwankend. In dem atmosphärischen Wasser kann man 0,5—2 Cubik-Centimeter im Liter annehmen. Je länger der Regen dauert, um so geringer ist der Kohlensäuregehalt des Wassers. Quell- und Flußwasser sind ungleich reicher an fremden Bestandtheilen, indem sie lösend auf die Bestandtheile der Erdfeste einwirken. Dabei spielt die Kohlensäure eine sehr große Rolle, indem sie die Auflösung vieler Salze vermittelt, die in reinem Wasser unlöslich sind, wie Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat u. s. w. Durch die Kohlensäure werden sie in lösliche Bicarbonate verwandelt.

Die Menge der festen Bestandtheile schwankt sehr bedeutend und hängt zunächst von der Gebirgsformation ab, welcher die Quellen entspringen. Dolomit, Quarz, Granitische Gesteine u. d. g. enthalten sehr wenig lösliche Bestandtheile, und das Wasser, welches solchen Schichten entspringt, ist verhältnißmäßig rein; dagegen lösen sich Kalkverbindungen reichlich und das Wasser solcher Formationen ist stets sehr reich daran. Im Ganzen schwankt die Menge der festen Bestandtheile zwischen 0,08—270 grm. in hunderttausend Theilen Wasser. Als Mittelzahlen kann man annehmen bei Quellen

der Granitformation . . .	2,44	Theile
des Buntsandsteines . . .	12,5 — 22,5	„
des Muschelkalkes	41,8	„
der Gypsformation . .	bis 236,5	„ .

Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium, in Verbindung mit Schwefelsäure, Chlor, Kieselsäure, Salpetersäure, sind die hauptsächlichsten Bestandtheile des Abdampfrückstandes des Wassers. Eisen und andere Verbindungen treten darin in geringer Menge auf.

Je nach der größern oder geringeren Menge der festen Bestandtheile des Wassers unterscheidet man hartes und weiches Wasser. Die meisten Quellwasser sind hart, sie haben eine große Menge von Salzen aus der Erde aufgenommen; Regen- und Flußwasser ist zumeist weich. Die Menge der gelösten Salze wird mit „Härtegraden“ bezeichnet. Unter einem Härtegrad versteht man den Gehalt von 1 Milligramm Calciumoxyd in 100 Cubikcentimetern Wasser, oder einen Gehalt von 0,00001 an Härte bildenden Bestandtheilen, ausgedrückt in Kalkäquivalenten. Die Härte wird zumeist bestimmt durch titrirte Seifenlösung. Gutes Genuß- und Gebrauchswasser soll höchstens 0,5 grm. feste Bestandtheile im Liter enthalten. Ungleich größere Mengen enthalten die Mineralwasser und die heißen Quellen; Kalkwasser enthalten viel Calciumcarbonat und Kohlensäure, Kieselwasser größere Mengen von Kieselsäure, es sind fast durchgehend heiße Quellen. Säuerlinge enthalten viel Kohlensäure, Bitterwasser Magnesiumsulfat und Natriumsulfat u. s. w.

§ **14.** Von den im Mineralreich vorkommenden Salzen ist keines absolut unlöslich und das Wasser vermag sie alle mehr oder weniger anzugreifen. Die Verwitterung, Zersetzung, Auflockerung und Corrosion der Gesteine sind auf seine chemischen Wirkungen zurückzuführen. Die

letzteren äußern sich aber nicht nur im Zerstören und Fortschaffen, sondern auch im Neubilden. Kohlensäurehaltiges Wasser vermag viel Kalk aufzulösen, indem es diesen in Calciumbicarbonat verwandelt. Entweicht bei vermindertem Druck oder höherer Temperatur aus demselben Kohlensäure, so scheidet sich Calciumcarbonat als Kalksinter und Kalktuff ab. Aehnlich ist es mit den Niederschlägen von Eisenocker, wie denn überhaupt zahlreiche Erzlager nur durch Niederschläge aus Wasser entstanden sind.

Die lösende Kraft des Wassers wird durch die Wärme meistens unterstützt, mitunter aber auch vermindert, und ab und zu übt die Wärme keinen Einfluß aus, wie bei dem Kochsalz. Aetzkalk ist in kaltem Wasser löslicher als in heißem. Die Löslichkeit der einzelnen Verbindungen selbst ist eine äußerst schwankende. Die Tropfsteine der Kalkhöhlen, Stalaktiten und Stalagmiten sind Neubildungen aus dem Wasser, dessen Kohlensäure theilweise verdunstete und das Calciumcarbonat zur Ausscheidung zwang. Die Limonitbildungen und die Raseneisensteine verdanken ihre Entstehung eisenhaltigen Wassern.

§ 15. Die mechanische Wirkung der bewegten oder fließenden Wasser ist eine zerstörende, eine fortschaffende und eine ablagernde. Durch Abreibung, Zertrümmerung und Fortschaffung von Felsmaterial und Gesteinsresten wäscht sich das fließende Wasser Rinnen aus, die mit der Zeit tiefer und tiefer werden. Besonders bei seinem Uebergang in Eis und durch die damit zusammenhängende Ausdehnung wirkt das Wasser mächtig auf die Zertrümmerung und Zerbröckelung der Gesteine. Das Produkt der Zerstörung, an welcher die Atmosphäre und die Pflanzen mitwirken, ist der Gebirgsdetritus, d. h. der Gebirgsschutt und der Gesteinsgrus. Bei der Fortführung dieses Schuttes und Gruses durch das Wasser oder durch andere Faktoren findet eine Sichtung und Sonderung des Materials statt, die gröbern und größern Gerölle lagern sich dem Ursprungsorte näher, die feineren in weiteren Entfernungen ab. Die Ablagerungen finden überall da statt, wo durch locale Verhältnisse die Geschwindigkeit des Wassers vermindert wird. Die Niederschläge der Flüsse werden als fluviatile Bildungen oder Flußalluvionen, diejenigen der Seen als lacustrine Bildungen bezeichnet.

Aus dem Salzwasser scheiden sich, wenn dasselbe unter günstigen Verhältnissen verdunstet, die darin gelösten Salze nach Maßgabe ihrer Löslichkeit aus und bilden theilweise mächtige Salzlager, wie dasjenige von Staßfurt. Die mechanischen Wirkungen desselben werden durch die verschiedenen Bewegungen des Meeres bedingt, durch Ebbe und Fluth, durch Wind und Sturm und die allgemeinen Meeresströmungen. Wie jene der Flüsse, äußern sie sich in Auswaschungen, Fortschaffungen und Anlagerungen.

Das an einem Orte Abgespülte muß an einem andern wieder angelagert werden. Einfluß der Meeresströmungen. Das fortgeführte Gesteinsmaterial wird oft zur Bildung der sogenannten klastischen Gesteine — Trümmergesteine — verwendet. Marine Sedimente klastischer Natur können sich nur in der Nähe der Küste bilden. Dabei bewirkt der Wellenschlag und die Brandung eine ähnliche Sichtung des Materials wie sie bei dem Gebirgs-

detritus, den die Flüsse fortführen, bemerkt wird. Die Intensität der Zerstörung hängt viel von der Art des Gesteins ab. — Starke Brandungen vermögen Blöcke von 100 Centner zu bewegen; Gletscher und Gebirgsbäche wälzen große Steine mit sich, die sich abschleifen und gegenseitig zertrümmern.

§ 16. Von allen festen und flüssigen Körpern gebraucht das Wasser die größte Menge von Wärme, um von einem Temperaturgrad auf den andern erwärmt zu werden; es besitzt eine sehr große Wärmecapacität und gibt bei dem Erkalten auch eine sehr große Menge von Wärme ab. Der milde Herbst und das rauhe Frühjahr der Küstenländer und wasserreichen Gegenden hängt damit zusammen. Ein nasser Boden erwärmt sich weit schwieriger als ein trockener und ist daher auch immer ein kalter Boden, während die wasserarmen Sandbodenarten und ähnliche als heiße bezeichnet werden. Besonders wichtig ist, daß auch der Wasserdampf, wie er der Luft beigemengt ist, die Wärmestrahlen festhält und eine 70mal größere Absorptionsfähigkeit dafür zeigt als die Luft.

2. Kapitel. Der Boden.

§ 17. Im Allgemeinen versteht man unter Boden das mehr oder weniger zersetzte, aus Gesteinen und Gesteinsresten bestehende, krümelige Gemenge, welches die Oberfläche unseres Planeten bedeckt. Kann dieses Gemenge wegen seiner Beschaffenheit und Lage zum Ackerbau benutzt werden, so wird es als Ackererde bezeichnet. Unter Ackerkrume versteht man den obersten Theil derselben. Die Entstehung und Bildung des Bodens hängt mit derjenigen des Planeten zusammen und ist nicht davon zu trennen. Im Wesentlichen sind es zwei Grundansichten, auf welche die Lehre von der Entstehung unseres Erdkörpers zurückgeführt werden kann, und finden diese Ansichten durch die Ausdrücke „Neptunismus“ und „Vulkanismus“ ihre Bezeichnung. Nach der neptunistischen Ansicht war der Erdkörper in frühester Zeit eine Mischung von im Wasser gelösten oder doch schwebenden Stoffen. Durch langsamen Niederschlag bildeten die letzteren schichtweise Lagen nach dem Gesetz der Schwere, während durch die Verdunstung des Wassers die darin gelösten Stoffe gezwungen wurden sich in fester Form auszuscheiden. Dem gegenüber behaupten die Vulkanisten, die Erde wäre in frühester Zeit eine feurig-flüssige, geschmolzene, sogar dampfförmig ausgedehnte Masse gewesen und durch allmählige Abkühlung von außen nach innen aus jenem Zustande in eine feste Form übergeführt worden. Ganz allgemein erkennt man derzeit der letzteren Ansicht die allgemeine Berechtigung zu, und die triftigsten Gründe sprechen dafür. Bei dem Eindringen in die Erde, und man ist bis zu einer Tiefe von 4000 Fuß in sie gedrungen, bemerkt man, daß die Temperatur derselben für je 30 Meter Tiefe um 1 Grad C. steigt. Schon bei einer Tiefe von 6 bis 7 Meilen würde, vorausgesetzt, daß die Steigerung der Temperatur sich gleich bleibt, eine solche Hitze herrschen, daß die meisten Gesteine in Fluß gerathen müßten. Diese Thatsache, in Verbindung mit den noch thätigen Vulkanen gebracht, ist allein schon genügend, jene Ansicht zu begründen

und den Beweis zu liefern, daß noch jetzt im Innern der Erde geschmolzene Körper vorhanden sind.

Die Wärme der festen Erdkruste oder der Lithosphäre hängt ab von der Eigenwärme derselben, von der Sonnenwärme und von der Menge der von der Erde in den Weltenraum ausgestrahlten Wärme. Die obersten Schichten zeigen Temperaturschwankungen, welche von der Stärke der Besonnung (Insolation) und der Ausstrahlung (Radiation) abhängen. Die von dem täglichen Temperaturwechsel abhängenden Schwankungen erstrecken sich aber nur bis zu einer Tiefe von 2 Meter und bei einer Tiefe von 25—28 Meter verschwinden bei uns auch die jährlichen Temperaturschwankungen. Von da an steigt die Temperatur in dem angegebenen Verhältniß und führt zu der Annahme eines gluthflüssigen Erdinnern. Der Schmelzpunkt der vulkanischen Gesteine liegt ungefähr bei 1700° C.

§ 18. Durch Abkühlung der flüssigen Masse des Planeten entstand dann auf demselben eine krystallinische Kruste, welche häufig von den noch flüssigen Massen durchbrochen oder auch nur gehoben wurde. Wie noch jetzt aus den Kratern der feuerspeienden Berge geschmolzene Massen hervorgeschleudert werden, so kann man sich, und in viel ausgedehnterer Weise, das Austreten geschmolzener Massen aus der in Folge verschiedener Ursachen gespaltenen dünnen Erdkruste denken, welche in der kälteren Umgebung erstarrten und eine feste Form annahmen. Dadurch oder auch einfach durch Emporheben der früher erstarrten Rinde wurde das erste Land trocken gelegt und der Unterschied von Land und Meer gegeben. Unter dem Einflusse des noch sehr heißen Wassers und der Luft zersetzten sich die obersten Schichten des erhärteten Gesteins. Die Zersetzungsprodukte, Getrümmer und dergl. wurden abgespült, fortgeschlämmt und lagerten sich, nachdem das Wasser ruhiger geworden, an den verschiedenen Orten ab. Durch erneute Hebungen der Erdrinde, durch abermalige Durchbrüche feurig-flüssiger Massen wurde die horizontale Lage jener Ablagerungen wesentlich verändert. Die einzelnen Schichten wurden gehoben und unter einander geschoben. Neue Ablagerungen zertrümmerter, zersetzter, angeschwemmter Mineralmassen fanden statt und wiederholten sich so lange, bis der ungleich ruhigere Zustand eintrat, in welchem sich die Erde zur Zeit befindet. Sämmtliche Fels- und Gebirgsarten, welche unsere Erde bilden, lassen sich nun unter Berücksichtigung des Vorstehenden in zwei große Gruppen bringen, in solche, welche, ähnlich der Lava der Jetztzeit, aus einem geschmolzenen Zustande durch Abkühlung in einen festen übergegangen, und in solche, welche unter Wasser abgesetzt worden sind und gestatten eine Unterscheidung nach der Art und Zeit ihrer Entstehung, nach den Strukturverhältnissen und ihrer Zusammensetzung. Sie zerfallen zunächst in Eruptivgesteine (eruptio, das Hervorbrechen) und sedimentäre oder Sedimentgesteine (sedimentum, Bodensatz).

Vulkane und vulkanische Erscheinungen. Die Eruptivgesteine sind vulkanischer Natur und in gluthflüssigem Zustande aus dem Erdinnern hervorgequollen. Sie sind theils jungeruptive, im weiteren Sinne auch vulkanische genannt, theils alteruptive oder plutonische Gesteine. Die Sedimentgesteine

sind durch Absatz ihrer Masse im Wasser entstanden; sie werden auch als neptunisch bezeichnet und sind zumeist erkennbar durch die eingeschlossenen Reste von Thieren und Pflanzen. Nicht immer ist die Art der Entstehung klar ersichtlich, und manche metamorphische Gesteine zeigen mit den plutonischen eine große Uebereinstimmung. Da die sedimentären Gesteine schichtenweise Absonderungen erkennen lassen, so werden sie auch geschichtete Gesteine genannt, während die eruptiven Bildungen den Namen Massengesteine führen.

Die sedimentären oder geschichteten Gesteine zeigen regelmäßige, parallele Lagen, ohne zahlreiche ausgebildete Krystalle, enthalten Versteinerungen, deren bestimmende Kennzeichen nicht in der Erhaltung, sondern in dem Alter beruhen, und lassen eine gewisse Ordnung erkennen. Ihre Reihenfolge ist aber nicht unverändert, sondern unterbrochen, und die Gleichartigkeit wird nur durch die gleichen Versteinerungen bewiesen. Die Massengesteine sind grob oder fein krystallinische Combinationen von felsbildenden Mineralien.

Granit, Porphyr, Basalt sind Massengesteine, Sandstein, Schiefer- und Kalksteine sind geschichtete. — Mächtigkeit ist die Ausdehnung zusammenhängender Gesteinsmassen in senkrechter Richtung. — Liegendes und Hangendes. — Die Verbreitung ist theils sehr beträchtlich: Buntsandstein in dem Wasgau, Schwarzwald, Odenwald, Thüringen. Aehnliches findet sich in Schottland und Nordamerika, aber mit anderer Unterlage und anderer Decke, folglich zu andern Zeiten entstanden. Die Wichtigkeit der Versteinerungen als Bestimmungsmittel der Gleichalterigkeit wird beschränkt durch die regionenweise Verbreitung der Organismen; in Australien leben andere als bei uns. Es gibt nicht nur verschiedene Bildungszeiten, sondern auch verschiedene Bildungsräume.

§ 19. Die Kräfte, durch welche die Gesteine zersetzt und zertrümmert worden, sind dieselben, welche auch die Zertrümmerungsprodukte weiter in Boden verwandelten. Ihre Wirkung ist genau noch dieselbe, wie sie vor Millionen von Jahren war, und nur die Ausdehnung derselben ist eine geringere geworden. Feuer, Wasser und Luft sind die Kräfte, durch welche die oberste Schicht des ursprünglich nackten Erdfelsens in Boden umgebildet wurde, und welche noch jetzt ununterbrochen das feste Gestein der Erdrinde zersetzen und in Erde verwandeln. Hinsichtlich der Wirkungsweise dieser Naturkräfte läßt sich unterscheiden eine chemische und eine mechanische.

Die chemische Wirkung wird gewöhnlich mit dem Namen Verwitterung bezeichnet; in ihr ist der wesentliche Faktor der Bodenbildung zu erkennen, und ihrer ununterbrochenen Wirkung erliegen mit der Zeit die härtesten Gesteine. Der Hauptsache nach hängt die Verwitterung ab von der Wirkung der Luft und des Wassers und wird unterstützt von dem Wechsel der Temperatur und der Anwesenheit pflanzlicher und thierischer Reste. Sie beginnt stets mit einer Oxydbildung, d. h. der Sauerstoff der Luft verbindet sich mit den Bestandtheilen des Gesteins, ähnlich wie dies bei dem Rosten des Eisens der Fall ist. Der Eisenrost ist Eisenoxyd, eine Verbindung des Sauerstoffs mit dem Eisen, und wie das harte Eisen von dem Sauerstoffgas angegriffen und zerfressen wird, so ist dies auch bei den härtesten Gesteinen der Fall. Die gebildeten Oxyde vereinigen

sich mit Wasser und werden von anderweitig hinzutretendem Wasser häufig unter Mitwirkung der Kohlensäure, welche darin enthalten ist, und anderer Säuren, welche sich neben der Kohlensäure aus den organischen Resten bilden, gelöst und fortgespült. Dadurch wird der Zusammenhang der Gesteine gelockert; sie zerfallen und zerbröckeln und werden im Laufe der Zeit in Erde verwandelt. Von weiterem großen Einfluß auf die Verwitterung ist die Wärme. Je nach ihrer Farbe, ungleichen Oberfläche und ihrem verschiedenen Gefüge werden die Gesteine ungleichmäßig erwärmt und kühlen sich ungleichmäßig wieder ab. Dadurch entstehen in ihnen Risse und Spalten, Luft und Wasser dringen in diese ein und beginnen ihr Zerstörungswerk auch im Innern. Ununterbrochen wirken derartige Vorgänge, und immer von Neuem werden durch dieselben unzersetzte Mineralreste auch im Ackerboden zersetzt und die Fruchtbarkeit desselben erneuert und vermehrt.

Anderer Art ist die mechanische Wirkung der genannten Naturkräfte. Sie findet ihren Ausdruck in dem Worte „Zertrümmerung". Im heftig bewegten Zustande als Sturm vermag die Luft Klippen abzureißen, gewaltige Wassermassen gegen das Ufer zu treiben und somit deren Zertrümmerung herbeizuführen. Durch Strömung und Wellenschlag unterwühlt das Wasser die Ufer, hier spült es ab und dort schwemmt es an. Erdstürze und Abrutschungen erklären sich daraus. Erstere entstehen dadurch, daß im Innern der Erde Hohlräume, durch das Auflösen von Salzen, Kochsalz, Gyps und dergl., gebildet worden sind, welche das Gewicht der überstehenden Erdmasse nicht mehr zu tragen vermögen. Abrutschungen können entstehen, wenn Wasser in freistehende Berge eindringt, auf undurchlassenden Thonschichten angesammelt wird, diese erweicht und dadurch die überstehenden Massen in Bewegung bringt. Weit mächtiger sind die Wirkungen des Wassers bei seinem Uebergange in Eis, und von noch weittragenderen Folgen begleitet sind die Wirkungen des Feuers (Erdbeben, Vulkane).

Die nackten und festen Gesteine vermögen den höheren Pflanzen keinen geeigneten Wohnsitz zu bieten und nur genügsame Flechten können auf denselben vegetiren; jene müssen mindestens der Verwitterung ausgesetzt sein, um reichlich Pflanzen ernähren zu können. Der Wechsel von Hitze und Kälte, das bei dem Gefrieren erheblich sich ausdehnende Wasser, die Kraft des fallenden Regens sind mechanisch auftretende Verwitterungsmomente. Energischer ist die chemische Wirkung. Der Sauerstoff der Luft wird unmittelbar auf Gesteine einwirken, die, wie Augit und Hornblende, Eisenoxydul enthalten, während er auf Feldspathe und ähnliche Gesteine, die nichts Oxydirbares enthalten, ohne Einfluß ist. Das reine Wasser vermag dagegen schon auf viele Gesteine lösend zu wirken; aus den Feldspathen löst es kieselsaures Alkali, kieselsaure Thonerde, Kaolin bleibt dabei zurück. Die Kohlensäure wirkt mächtig unterstützend. Auch die Schwefelsäure, die durch Oxydation von Schwefelmetallen, z. B. von Schwefeleisen entsteht, vermag wichtige Veränderungen hervorzubringen. Bei der Oxydation des genannten Minerals entsteht Eisensulfat und freie Schwefelsäure, welche Kalkverbindungen und dergl. zerlegen kann. Die Wurzeln der Pflanzen betheiligen sich auf chemischem und physikalischem

Wege an der Zerstörung des Gesteins, die Pflanzen sterben ab, ihre Reste verfaulen und verwesen und bilden Humussäuren, Kohlensäure, Ammoniak u. s. w. Alle diese Faktoren des Verwitterungsprozesses arbeiten schließlich gemeinsam an der Umwandlung des Gesteins und Gebirgsschutts im Ackerboden. Der spezielle Verlauf des Verwitterungsprozesses ist bei den einzelnen Gesteinen verschieden und von deren Natur abhängig.

§ 20. Da der Ackerboden nichts weiter ist, als das Zersetzungs- und Verwitterungsprodukt der krystallinischen Gesteine, welche in frühester Zeit als nackte Felsen die Oberfläche der Erde bildeten, so ist es klar, daß er auch aus denselben Bestandtheilen wie jene bestehen muß. Die Gesteine, welche vorherrschend bei dem Bau der Erde betheiligt und somit auch besonders bei der Bodenbildung zu berücksichtigen sind, zerfallen in: Kieselgesteine (Quarz, Sandsteine und dergl.), Silikatgesteine (Granitische, Porphyrische, Grün- und Basaltsteine), Carbonatgesteine (kohlensaurer Kalk), Sulfatgesteine (Gyps), Chloride (Steinsalz), Erzgesteine (Eisen und Mangan) und Kohlengesteine (Stein- und Braunkohle). Die Elemente, aus welchen diese Gesteine bestehen, sind vorzüglich: Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Talkerde, Kalium, Natrium, (Eisen, Mangan, Chlor, Sauerstoff, Schwefel und Kohlenstoff). Von diesen finden sich nur die beiden letzten im freien Zustande, als Schwefel und fossile Kohle; die übrigen kommen nur in Verbindung mit einander vor, theils zu zweien mit einander verbunden, wie der Quarz oder die Kieselsäure, gewöhnlich aber zu mehreren mit einander vereinigt, wie kohlensaurer Kalk, kieselsaure Thonerde u. dgl.

Kieselgesteine sind solche, in deren Zusammensetzung der Quarz vorherrscht. Zu ihnen gehören: Quarzit, Hornstein, Chalcedonit, Opalit. Der Quarzit, der fast nur aus Quarz (Kieselsäure) besteht, zerfällt in Quarzfels, Quarzschiefer und Quarzsand. Mit verschiedenen Cementen bildet der letztere die Sandsteine. Hornstein ist ein mit fremden Bestandtheilen gemengter Quarz. Der Chalcedonit umfaßt verschiedene Arten amorpher Kieselsäure, ebenso der Opalit. — Die Silikatgesteine bestehen aus kieselsauren Salzen, die Carbonate vorwiegend aus kohlensauren Verbindungen u. s. w. Von der größten Bedeutung sind die Silikatgesteine, die sich wiederum in verschiedene Gruppen gliedern und in ihrer Zusammensetzung schwanken. So enthalten die bekannten Gebirgsarten:

Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Porphyr und Trachyt*):

54—79	Prozent	Kieselsäure.
10—23	"	Thonerde.
0,8—7	"	Eisenoxyd (Oxydul).
0—0,5	"	Manganoxydul.
0,1—4	"	Kalk.
0,1—1,5	"	Magnesia.
1,3—8,0	"	Kali.
0,4—9,0	"	Natron.
0,4—1,5	"	Wasser.

*) Weiteres hierüber siehe des Verfassers Bodenkunde II. Auflage, Quandt und Händel. Leipzig.

Ferner:

Syenit, Grünstein, Melaphyr, Dolerit und Basalt:

42—63	Prozent	Kieselsäure.
10—21	„	Thonerde.
4—17	„	Eisenoxyd (Oxydul).
0,—0,5	„	Manganoxydul.
1,8—15	„	Kalk.
1,1—11	„	Magnesia.
0,1— 8	„	Kali.
0,2— 8	„	Natron.
0,2—3,3	„	Wasser.

§ 21. Der Boden, welcher durch die Verwitterung der Gesteine oder Felsarten und des Gebirgsschuttes entsteht, kann auf der Stelle oder in unmittelbarer Nähe derselben, wo er entstand, liegen bleiben, oder er kann von dem Wasser fortgeschwemmt und an andern Stellen für sich allein oder vermischt abgesetzt werden. Man unterscheidet hiernach zwei wesentlich von einander verschiedene natürliche Bodenarten, nämlich: Grundschuttboden und Fluthschuttboden. Derjenige Boden, der auf der Stelle oder in der unmittelbaren Nähe derselben liegen geblieben ist, wo er entstand, heißt Grundschuttboden, primärer oder angestammter Boden, und denjenigen, der durch das Wasser von dem Entstehungsorte fortgeschwemmt und an anderen Stellen abgesetzt wurde, nennt man Fluthschuttboden, secundären, auf- oder angeschwemmten Boden.

Aus der verschiedenen Aufschlämmbarkeit der einzelnen Trümmerstücke der verschiedenen mechanischen und chemischen Verwitterungsprodukte der Gesteine, die durch das Wasser sehr weit verschleppt werden können, ergibt sich die große Mannichfaltigkeit der Zusammensetzung und der Eigenschaften des aufgeschwemmten Bodens. Von dem specifischen Gewicht der Körper und von der Schnelligkeit der Bewegung des Wassers hängt es ab, ob und wie weit derselbe fortgeführt wird, und die Aufschlämmbarkeit der zersetzten und zertrümmerten Felsarten wird um so größer sein, je bewegter das verwendete Wasser ist, je kleiner die Bruchstücke und je specifisch leichter dieselben sind.

Der Grundschuttboden findet sich hauptsächlich in Gebirgen und in bergigen Lagen, er ruht gewöhnlich auf Fels oder Gerölle, seine Mischung ist eine ziemlich gleichartige, so weit er von ein und demselben Gestein abstammt, er ist meistens reich an Felstrümmern und Steinen, und diese sind eckig und kantig. Der Grundschuttboden umfaßt eben so viele Bodenarten, als es Gesteine oder Felsarten gibt, die sich an der Bodenbildung betheiligen. Man unterscheidet im Grundschutt hauptsächlich: feldspathreichen Boden, glimmerreichen Boden, hornblendereichen Boden, Trümmergesteins-Boden.

Der Fluthschuttboden findet sich hauptsächlich in Thälern und Ebenen, zuweilen auch in hügeliger und bergiger Lage, er liegt mehr oder weniger mächtig, seine Mischung wechselt häufig, er enthält wenig Felstrümmer und seine Steine sind rund und abgeschliffen; es finden sich in ihm Tuffbildungen,

Raseneisensteine und zuweilen erratische Blöcke. Man unterscheidet im Fluthschutt: Steinschutt, Erdschutt, gemischter Schutt, Torf und Moorbildungen. Die Verschleppung und verschiedene Aufschlämmung zeigt sich nach jedem starken Regen und an jedem Ufer eines fließenden Wassers.

§ 22. Je nach der Form, in welcher die Bodenbestandtheile vorliegen, kann man sie in drei Gruppen gliedern und den Ackerboden auffassen als bestehend:

1) aus unzersetzten Mineralresten (Gerippe oder Skelet des Bodens),
2) aus der Feinerde, d. i. seinen feinthonigen Bestandtheilen, und
3) aus den löslichen Bodensalzen.

Die unzersetzten Mineralreste sind größere oder kleinere Bruchstücke der zertrümmerten Gesteine, welche ihrer Größe nach als Sand, Feinkies, Grobkies, oder als Streusand, Erbsengroß, Haselnußgroß bezeichnet werden. So lange sie noch durch das Gefühl wahrnehmbar sind, werden sie kurzweg Sand genannt, und man kann eben so wohl von Kalksand, Granitsand rc. sprechen, wie man dies gewöhnlich vom Quarzsand zu thun pflegt. Häufig lassen diese Reste noch die Natur des Gesteins erkennen, aus dem sie hervorgegangen sind, und werden dann von besonderer Wichtigkeit für die Klassifikation des Bodens.

Durch die stetig fortschreitende Verwitterung, welche innerhalb des Ackerbodens auf das Wirksamste durch die Bearbeitung und durch die Düngung unterstützt wird, werden jene Fragmente immer weiter zersetzt, immer mehr und mehr in Feinerde umgewandelt und somit immer mehr in diejenige Form übergeführt, welche der Ausbreitung der Pflanzenwurzeln am meisten zusagt, und welche für die Pflanzenernährung die geeignetste ist. Auf der einen Seite kann man sie also als Stammkapital betrachten, welches immer und immer wieder dem erschöpften Boden neue Nahrungsmittel liefert; auf der anderen sind sie von dem wesentlichsten Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens und beeinflussen ganz bedeutend sein Verhalten gegen Wärme, Luft und Wasser.

Die Feinerde, die feinsten, durch Wasser leicht abschlämmbaren Theile des Bodens, steht den Mineralresten in ihrem Verhalten so ziemlich gegenüber. Sie ist hervorgegangen aus den letzteren und erscheint mehr oder weniger als das Endprodukt der Zersetzung. Als hauptsächlichster Bestandtheil der Feinerde ist die Thonsubstanz zu betrachten, welche fast stets einen sehr großen Theil der Feinerde bildet. An diese schließt sich der Quarzsand in feinster Form und an diesen der Kalk an. Der letzte Bestandtheil, der Kalk, ist gewöhnlich am geringsten vertreten, weil er weit mehr wie die übrigen durch kohlensäurehaltiges Wasser gelöst und weggespült, aber auch von den Pflanzen verbraucht wird. Von der Menge und Beschaffenheit der feinerdigen Bestandtheile hängt die Bodenfruchtbarkeit wesentlich mit ab, da der Feinerde fast allein die Kräfte zukommen, welche die Nahrungsmittel der Pflanze aus der Luft und dem Wasser festzuhalten und aufzuspeichern vermögen.

Die Bodensalze sind neben der Feinerde von der größten Bedeutung für die Fruchtbarkeit des Ackerbodens. Von ihrer Menge hängt der jemalige sogenannte Kraftzustand des Bodens ab. Sind sie erschöpft, hat sich ihre Quantität zu sehr vermindert, so hört der Boden auf, lohnende Ernten zu bringen, er ist in landwirthschaftlichem Sinne ausgebaut. Unter den Bodensalzen versteht man die in Wasser und schwachen Säuren leicht löslichen Bodentheile. Es sind die Nahrungsmittel der Pflanzen in einer Form, welche die sofortige Aufnahme durch die Pflanzenwurzel ermöglicht.

Durch die mechanische Analyse läßt sich der Boden in die angegebenen Gruppen sondern. Mit Hilfe von Siebsätzen, die eine bestimmte Weite haben, trennt man die verschieden großen Bodentheilchen. Die durch ein Sieb von 3 Millimeter Weite durchgehende Erde ist die Feinerde. Die zurückbleibenden Steine sortirt man nach ihrer Größe und stellt auf mineralogischem und chemischem Weg ihre Natur fest. Durch Schütteln der Feinerde in einer Glasröhre oder einem cylinderförmigen Glasgefäß bis zur vollkommenen Vertheilung der klumpigen Masse und ruhiges Stehenlassen lassen sich nach Maßgabe ihres Gewichts und ihrer Aufschlämmbarkeit die thonigen und sandigen Bestandtheile trennen. Behufs der Trennung durch Schlämmen sind viele Apparate construirt worden, durch welche der Boden in verschiedene Portionen zerlegt wird. Schlämmapparat von Nöbel u. d. g. Durch die chemische Analyse läßt sich die Zusammensetzung des Bodens genau ermitteln. Wichtig ist dabei die richtige Probenahme der zu untersuchenden Erde.

Die unzersetzten Mineralreste bestehen zunächst vorwiegend aus Quarzsand, dem aber gewöhnlich noch andere Mineraltrümmer zugemengt sind: Orthoklas, Hornblende, Glimmer u. s. w. Ueberhaupt bestehen die Sandsteine nicht aus reiner Kieselsäure, sondern enthalten nach der Beschaffenheit ihres Bindemittels verschiedene Mengen von Thonerde, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia und ab und zu auch Kali. Im Heidesandboden des norddeutschen Flachlandes ist durchschnittlich gefunden worden 0,036 % Phosphorsäure, 1,0 % Kali, 0,036 % Kalk, 0,015 % Magnesia und 0,017 % Schwefelsäure.

Die feinerdigen Bestandtheile bestehen vorwiegend aus kieselsaurer Thonerde, kurzweg Thon genannt, es sind Zersetzungsprodukte von äußerster Feinheit, die nach Maßgabe der verschiedenen krystallinischen Massengesteine, aus denen sie hervorgegangen sind, eine bestimmte Verschiedenartigkeit zeigen. Gemein ist ihnen die große Aufschlämmbarkeit und das Vorwiegen der genannten Verbindung. Da die thonige Masse aus sehr vielen kleinen feinen Theilchen besteht, so besitzt sie auch viele Flächen und Zwischenräume; ihre Adhäsion ist eine sehr bedeutende und sie vermag sehr viel Wasser und Gase aufzunehmen. So vermag der Thon bis zu 70 und 80 Proz. Wasser festzuhalten. Dasselbe dringt aber nur sehr langsam durch ihn hindurch, da es von den vielen Flächen sehr stark festgehalten wird. Das langsame Austrocknen des Thones beruht ebenfalls darauf. Sind seine Zwischenräume mit Wasser gefüllt, so wird er zähe und knetbar (plastisch) und fühlt sich fettig an. — Demonstrationen mit Thon und Sand.

§ 23. Während der Sand und der Thon die eigentlichen constituirenden Bestandtheile des Bodens sind und den Sammelort und das Behältniß für die übrigen Bestandtheile bilden, treten die lös-

lichen Bodensalze in ungleich geringerer Menge auf. Die wichtigsten derselben sind Verbindungen der Kohlensäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Kieselsäure mit Kalium, Ammoniak, Natrium, Kalkerde und Talkerde. Zu ihrer Bildung ist vor allen Dingen möglichster Luftzutritt nothwendig, und eben so wenig wie Thiere und Pflanzen die Luft entbehren können, eben so wenig können sich im Boden die Bedingungen zur Vegetation erzeugen, wenn nicht die stets unentbehrliche Luft vorhanden ist. — Zur Bildung von kohlensauren Salzen genügt, neben der Anwesenheit von Mineralresten, welche Oxyde führen, der Zutritt von Luft und Wasser, die beide Kohlensäure enthalten; in ausgiebiger Weise schreitet sie vor, wenn noch Humuskörper zugegen sind, da diese in letzter Reihe in Kohlensäure u. dergl. zerfallen. — Die salpetersauren Salze entstehen, wenn kohlensaure Salze, Kalk u. dergl. mit stickstoffhaltigen organischen Bestandtheilen in Berührung treten. Die schwefelsauren Salze entstehen aus den Schwefelmetallen unter Einfluß der Luft durch einfache Oxydation. Die phosphorsauren Salze kommen nur in geringer Menge vor und werden sich besonders aus den phosphorsäurehaltigen Gesteinen, wie Kaliglimmer, Augit, Kalkhornblende, Apatit und dergl., bilden. Außer in den genannten sind aber auch noch in vielen Graniten und granitischen Gesteinen, in Feldspathen, Basalten, Porphyren, Thonschiefer u. s. w. kleine Mengen von Phosphorsäure, 0,2—0,6 und sogar 1,70 % gefunden worden, die trotz der an sich geringen Quantität von der größten Wichtigkeit sind und beträchtlich werden, wenn man berücksichtigt, daß in fruchtbaren Ackererden oftmals kaum mehr als 0,1 % Phosphorsäure gefunden wird. Zunächst enthält der Ackerboden aber wesentlich mehr. Je größer der Vorrath der erwähnten Verbindungen in dem Boden ist, um so ertragsfähiger kann er unter sonstigen günstigen Verhältnissen gemacht werden.

Die Bodensalze, oder die mineralischen Pflanzennahrungsmittel sind entweder im Bodenwasser gelöst, oder in einem festen, aber leicht löslichen Zustande, oder in einer festen, aber schwer- und unlöslichen Form im Boden vorhanden. Sehr leicht löslich sind immer die Verbindungen der Salpetersäure, die Nitrate, und die Kalium- und Natriumsalze. Die Magnesiumverbindungen sind theils leicht, theils schwer löslich; ebenso die Kalkverbindungen. Mit Ausnahme des Kali- und Natronsalzes sind die Verbindungen der Phosphorsäure in Wasser sehr schwer löslich und werden erst durch die Einwirkung anderer Verbindungen, vor allen des Ammoniaks, löslich gemacht und somit erst zur Aufnahme für die Pflanze geeignet. Für den Landwirth sind die Phosphate von der größten Wichtigkeit, weil alle Culturpflanzen und vor allen Dingen die Körner tragenden Gewächse bedeutende Mengen davon brauchen, und die geringe in dem Boden befindliche Quantität gebieterisch einen Wiederersatz der durch die Ernte entzogenen bedingt. — Während endlich der größte Theil des Bodens aus unlöslichen kieselsauren Verbindungen besteht, finden sich in demselben auch noch im Wasser lösliche kieselsaure Salze, und nur diese kommen bei der Ernährung der Pflanze direkt in Frage. Kieselsaures Kalium und Natrium sind die wichtigsten, sie sind vor allen Dingen unter

Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser auf kieselsaure Mineralien entstanden.

§ 24. Außer diesen Bestandtheilen, den Mineralresten, der Feinerde und den Bodensalzen, finden sich aber in jedem Ackerboden noch eine größere oder geringere Menge von organischen verbrennbaren Bestandtheilen, Ueberresten von Pflanzen und Thieren. Sobald das Leben im Thier- und Pflanzenkörper erloschen ist, unterliegen diese Zersetzungsvorgängen, unter deren Einfluß die Körpertheile mannichfach verändert werden und endlich wieder in die einfachen Verbindungen zerfallen, aus welchen sie entstanden sind (Kohlensäure, Ammoniak, Wasser). Als Zwischenstufen der Zersetzung treten gewöhnlich eine Reihe gelb bis braun gefärbter Substanzen auf, welche als Humus bezeichnet werden, und man hat also unter diesem Namen mehr oder weniger zersetzte Thier- und Pflanzenreste zu verstehen. Unter den Bestandtheilen der Ackererde verdient der Humus eine ganz besondere Beachtung, weil er von dem größten Einflusse auf die Fruchtbarkeit derselben ist. Zur Zeit weiß man genau, daß der Humus zwar kein direktes Nahrungsmittel für die Pflanzen ist und von denselben nicht aufgenommen werden kann, daß er aber trotzdem nicht zu entbehren ist. Unter Einfluß der Luft verwandeln sich die ursprünglich unlöslichen und indifferenten Humuskörper in sogenannte Humussäuren, Ulmin, Humin, Quellsäure und dergl.; diese wirken lösend auf das feste Gestein der Ackerkrume und unterstützen wesentlich die Zersetzung desselben, während die Humuskörper als solche mit großer Begierde Wasser, Ammoniak und Kohlensäure aufsaugen und somit den Pflanzenkörpern nutzbar werden. Eine weitere wichtige Wirkung der Humuskörper beruht darin, daß sich innerhalb derselben beständig Ammoniak bildet, und daß wiederum das Ammoniak und die Kohlensäure, das Endprodukt der Humuszersetzung, für die Ueberführung der Mineralbestandtheile des Bodens in eine zur Pflanzenernährung geeignete Form von der maßgebendsten Bedeutung sind. In geringerer Menge entsteht bei der Verwesung der stickstoffhaltigen organischen Substanzen auch Salpetersäure. In Folge des Pflanzenwuchses werden überhaupt die Bodeneigenschaften mannichfach verändert und seine Zusammensetzung modificirt. Indem die Pflanzen einen großen Einfluß auf die Verwitterungsvorgänge ausüben, befördern sie die Bodenbildung nach verschiedenen Seiten hin; sie setzen dann aber auch der Verschleppung des entstandenen Bodens einen großen Widerstand entgegen und verändern denselben nach ihrem Absterben wesentlich durch die Einverleibung ihrer Körper.

Der Humus an sich stellt eine braune bis schwarze, krümelige Masse dar, welche je nach dem Grade der Zersetzung sehr ungleiche physikalische und chemische Eigenschaften besitzt. Besteht der Humus aus wenig zersetzten, faserigen Stoffen, so hat er weite Poren und trocknet, wenn letztere mit Wasser gefüllt wurden, rasch ab. Ist die Zersetzung des Humus bereits weit vorgeschritten, so bildet derselbe gewöhnlich eine milde, in nassem Zustande fast speckige, in ganz trockenem Zustande dagegen pulverige Masse, welche eine große Menge Wasser (bis 200 Procent seines Gewichts) aufzunehmen und dasselbe

lange festzuhalten vermag. Die Zersetzungsproducte des Humus, insbesondere die Endproducte seiner Zersetzung vermitteln unter Hülfe des Wassers die Lösung der in fester Form vorhandenen Verbindungen der mineralischen Pflanzennährstoffe, während gleichzeitig durch die bei der Verwesung des Humus entstehenden Körper den Pflanzen eine neue Nährstoffquelle eröffnet wird. Den größten Einfluß übt dabei die entstehende Kohlensäure aus, welche viele an sich unlösliche Verbindungen, häufig durch Umwandlung derselben in doppelt kohlensaure Salze, zu lösen vermag (Calciumcarbonat, Ferrocarbonat u. a.). Der Humus dient aber auch direkt zur Feuchterhaltung, zur Erwärmung und zur Auflockerung des Bodens.

Da die Wurzeln nicht nur die passive Fähigkeit besitzen, gelöste Verbindungen aufzunehmen, sondern auch durch ihre sauren Ausscheidungen lösend auf die Gesteine einzuwirken vermögen, so bildet ihre Thätigkeit ein wesentliches Moment bei der Bildung und Umbildung des Bodens. Daneben spielen ihre mechanischen Wirkungen eine große Rolle. Sie dringen in den Boden ein, verzweigen sich darin und wirken auflockernd und mürbend. In Risse und Spalten unzersetzter Gesteine eingedrungen, treiben sie durch ihr Anwachsen dieselben auseinander und setzen gleichzeitig der Verschleppung der Verwitterungsschichten wichtige Hindernisse entgegen. Bewachsene Böschungen und Dämme, vor Allem aber der Wald unserer Gebirge, zeigen dies deutlich.

§ 25. Die Mengenverhältnisse der im Boden enthaltenen Pflanzennahrungsmittel sind sehr schwankend und hängen nicht nur von dem bodenbildenden Gesteinsmaterial, sondern auch von dem jemaligen Culturzustand ab. Die Ackererde ist nichts Gleichbleibendes; sie befindet sich in einem steten Zustande der Veränderung und durch die Cultur wird diese wesentlich verstärkt. Die Atmosphäre, das Wasser, die Sonne und die Pflanzen nehmen und geben unablässig dem Boden, und durch Bearbeitung und Düngung wird er durchgreifend verändert. Als Beispiele für die Zusammensetzung verschiedener Bodenarten mögen folgende Zahlen dienen. In 100 Theilen enthielt ein:

	Sandboden.	Thonboden.	Kalkboden.
Kieselsäure (Sand)	85,700	57,75	46,18
Kali	0,400	1,84	0,03
Natron . . .	0,001	1,40	0,07
Magnesia . . .	2,000	1,54	1,00
Kalk	0,001	1,64	14,58
Thonerde . . .	5,000	28,41	10,90
Eisenoxyd . . .	3,600	4,00	6,23
Kohlensäure . .	—	0,33	8,38
Phosphorsäure .	0,126	0,30	0,14
Schwefelsäure .	Spur	0,17	Spur
Chlor	Spur	0,003	0,40
Organische Stoffe	2,100	2,03	10,39.

Der Thon- und Kalkboden gelten als sehr fruchtbar; der Sandboden als wenigstens recht ertragsfähig.

Wie groß die in der Ackerkrume enthaltenen Mengen sind, kann man auf Grundlage der chemischen Analyse leicht berechnen und den Gehalt der Bodenarten auch in anderer Weise darstellen. Nachstehende Zahlen gelten für einen preußischen Morgen Land bei einer Tiefe von 12 Zoll. Es enthält in Pfunden annähernd nach den Angaben einer speciellen Analyse:

	No. I. Sehr reicher Boden.	No. II. Mittelreicher Lehmboden.	No. III. Armer Sandboden.
Kieselerde	über $1^1/_2$ Mill.	über $1^3/_4$ Mill.	über $2^1/_3$ Mill.
Desgl. in löslicher Form	5000 Pfund	3400 Pfund	110 Pfund
Thonerde	220000 „	140000 „	2000 „
Eisenoxyd und Manganoxyd	120000 „	60000 „	28000 „
Kalkerde	140000 „	6500 „	50 „
Talkerde	23000 „	1700 „	30 „
Kali	45000 „	29000 „	9000 „
Natron	17000 „	15000 „	7000 „
Phosphorsäure . .	12500 „	2500 „	500 „
Schwefelsäure . . .	21000 „	450 „	50 „
Chlor	220 „	270 „	70 „
Humussubstanzen . .	220000 „	85000 „	9500 „
Stickstoff etwa . .	8500 „	2000 „	450 „ .

Im freien Zustande treten von diesen Körpern im Boden auf: die Kieselsäure in ihren verschiedenen Modifikationen, Eisenoxyd und Manganoxyd, und die Humussubstanzen. Die übrigen werden nur ausnahmsweise und vorübergehend isolirt vorkommen können.

Die Verbindungsformen, in denen die erwähnten Bodenbestandtheile, die entweder in Wasser oder in Säuren löslich oder in beiden unlöslich sind und häufig auch so bezeichnet werden, auftreten, sind sehr verschieden. Die Kalkerde, die Talkerde, das Kali und das Ammoniak kommen vor und können auftreten in Verbindung mit allen Säuren, so weit diese vorhanden sind. Eisen findet sich mit Kohlensäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure als Oxydulsalz. Die Kohlensäure kömmt in Verbindung mit allen Basen, Eisenoxyd ausgenommen, vor; auch tritt sie im freien Zustand auf und wird von bestimmten Bodentheilen mechanisch festgehalten. Salpetersäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure können mit allen Basen verbunden auftreten. Das Chlor findet sich besonders als Chlorkalium und Chlornatrium; der Stickstoff als Ammoniak und Salpetersäure. — In der Praxis unterscheidet man sauren, milden, verkohlten und harzigen Humus. Die Bodenanalysen selbst haben nur bedingungsweise Werth; im Allgemeinen dienen sie nicht als Maßstab der Fruchtbarkeit, für welche die aufnehmbare Form der Pflanzennahrungsmittel entscheidend ist.

§ 26. Zur Erklärung der Fruchtbarkeit des Ackerbodens genügt es aber nicht, seine Bestandtheile zu kennen, sondern es müssen auch seine physikalischen Eigenschaften, sein Verhalten zu Wasser, Wärme und Luft berücksichtigt werden. Die Ackerkrume ist nicht nur

die unmittelbare Ernährerin der Pflanze, sondern auch die Vermittlerin einer Reihe von physikalischen Vorgängen, die von der größten Wichtigkeit für die Vegetation sind. Dazu gehört:

Die Absorption der Ackererde. Der Boden besitzt die Fähigkeit, gelöste Stoffe, und vorzüglich unorganische Salze, in sich niederzuschlagen, so daß die durchfiltrirende Lösung weit ärmer an diesen Stoffen wieder austritt. Uebergießt man beispielsweise Erde mit einer Lösung von Kaliumsulfat, so wird der Lösung ein Theil des Kaliums und unter Umständen auch der Schwefelsäure entzogen. Die Bodentheilchen ziehen schwammähnlich den gelösten Stoff an und machen ihn schwer oder ganz unlöslich für das Wasser. Diese Eigenschaft bezeichnet man als Absorptionsvermögen oder Absorptionsfähigkeit. Dabei wirken physikalische und chemische Prozesse. Die ersteren bestehen in den Folgen einer Flächen-Anziehung der feinen und vielflächigen Bodentheilchen, die letzteren in einer Reihe von Vorgängen, vermittelst derer die im Bodenwasser gelösten Stoffe von Bodengemengtheilen chemisch gebunden und unlöslich gemacht werden.

Uebergießt man Humus mit einer Lösung von Kaliumphosphat, so werden beträchtliche Mengen des Salzes aus der Lösung von den Humustheilchen angezogen, d. h. es bildet sich um diese herum eine concentrirte Schicht der betreffenden kaliumphosphathaltigen Lösung. Da die physikalischen Eigenschaften des Bodens durch die bodenbildenden Bestandtheile, durch den Thon, Sand, Kalk, Humus und die Gesteinstrümmer bedingt werden, die physikalische Absorption aber nur in einer Flächenanziehung besteht, so wird auch die letztere um so größer sein, je reicher ein Boden an feinzertheilten Gemengtheilen und somit an Flächen ist. Humussubstanzen, Kieselmehl, Eisenoxyd und Thonerdehydrat sind die Bestandtheile, welche besonders die Flächenattraktion erhöhen. Die chemischen Prozesse, welche die Absorption bedingen, sind mannichfaltiger. Thonerdesilikate können aus Lösungen von Kaliumsulfat das Kaliumhydroxyd aufnehmen; Eisenoxyd und Thonerdehydrat vermögen Schwefelsäure zu binden; Calcium und Eisensalze schlagen Phosphorsäure nieder u. dergl. Außerdem haben die bisherigen Arbeiten über das Absorptionsvermögen ergeben: daß aus verdünnten Lösungen weniger absorbirt wird als aus concentrirteren, und daß die absorbirten Stoffe durch Auswaschen mit vielem Wasser theilweise wieder der Erde entzogen werden können. Ferner gilt als feststehend: daß aus einer größeren Menge von Lösung mehr absorbirt wird, als aus einer geringeren Menge von derselben Concentration. Sehr verdünnte Nährstofflösungen, wie z. B. Bewässerungswässer werden unter Umständen somit ihre Bestandtheile vor der Absorption zu schützen vermögen und werden sogar aus sehr reichen Erden absorptiv gebundene Salze aufzulösen im Stande sein.

Neben den organischen Bestandtheilen der Mistjauche und ähnlicher gefärbter Stoffe unterliegen der Absorption besonders: Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Kieselsäure und Phosphorsäure, während Salpetersäure, Chlor und Schwefelsäure nicht in unlösliche Verbindungen übergehen. Besonders wichtig ist das Verhalten der Salpetersäure, deren Salze zu den leichtlöslichsten gehören.

Da das Ammoniak leicht zu Salpetersäure oxydirt wird und die letztere ausgewaschen werden kann, so kommen im Boden größere Anhäufungen von Stickstoff nicht vor. In unseren Ackerfeldern nimmt der Stickstoffgehalt während der Brache in Folge der Auslaugung der salpetersauren Salze nicht selten eher ab als zu. — Phosphorsäure und Kieselsäure gehen dagegen sehr gern und leicht schwer lösliche Verbindungen ein und sind somit der Absorption in hohem Grade unterworfen. In Bodenwässern findet man stets nur sehr geringe Mengen davon.

Ueberhaupt sind in den Bodenlösungen immer nur sehr wenige Stoffe vorhanden, und die Pflanzenwurzeln, die sehr empfindlich einigermaßen concentrirten Lösungen gegenüber sind und dieselben nicht vertragen, werden somit durch die Absorption vor Beschädigungen durch derartige geschützt. Das Absorptionsvermögen wirkt regulirend auf den Substanzgehalt der Bodenlösungen ein. Das sogenannte Verbrennen der Pflanzen nach einer zu starken Düngung, vielleicht nach einer zu reichlichen Jauchenzufuhr, läßt sich auf eine zu starke Concentration der Bodenlösungen zurückführen. Sandböden, deren Absorptionsfähigkeit stets keine sehr große ist, erhalten in der Praxis keine zu starken Düngungen, sondern immer nur kleinere, diese aber öfters. Für schwere Böden wird das Umgekehrte empfohlen. — Wegen ihrer großen Löslichkeit und weil sie der Absorption nicht unterliegen, wird man salpetersaure Salze, und besonders den Chilisalpeter, nicht vor einer regnerischen Jahreszeit anwenden und eine Herbstdüngung damit würde in den meisten Fällen ihren Zweck verfehlen.

Ein deutliches Bild über die Wirkungen der Absorptionsfähigkeit der Ackererden gewähren auch die Untersuchungen der Drainwasser. No. I und II der nachstehenden Zusammenstellung ist Drainwasser eines thonigen Bodens mit kalkhaltigem Untergrund, zu verschiedenen Zeiten gesammelt; III ist ein Drainwasser desselben Bodens gemischt mit dem eines humosen Thonbodens; IV stammt von einem anderen Boden mit kalkhaltigem Untergrund; V und VI ist das Wasser eines schweren Thonbodens und aus den Furchen desselben zu verschiedenen Zeiten gesammelt.

In 1000 Theilen enthielt

	No. I	II	III	IV	V	VI
Organische Substanz	0,025	0,025	0,016	0,006	0,063	0,056
Calciumcarbonat .	0,084	0,084	0,127	0,079	0,071	0,084
Calciumsulfat . .	0,208	0,210	0,114	0,017	0,077	0,072
Calciumnitrat . .	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002
Magnesiumcarbonat	0,070	0,069	0,047	0,027	0,027	0,016
Ferrocarbonat . .	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,001
Kali	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,006
Natron	0,011	0,015	0,013	0,010	0,005	0,004
Chlornatrium . .	0,008	0,008	0,007	0,003	0,001	0,001
Kieselsäure . . .	0,007	0,007	0,006	0,005	0,006	0,005
Summe:	0,421	0,426	0,337	0,153	0,258	0,247

Diese und andere Untersuchungen zeigen auf das deutlichste die sehr große Verdünnung der unten vom Boden abfließenden Wasser und somit auch die Leistungen der Bodenabsorption.

§ 27. Das Verhalten des Bodens zur Wärme. Die Wärme, welche eine Pflanze bedarf, um ihre Entwicklung normal zu durchlaufen und welche ihr zur Verfügung steht, wird nicht allein durch die allgemeinen klimatischen Verhältnisse, sondern auch durch die Eigenschaften des Bodens bedingt. Als Wärmequelle für den Boden und die in ihm wachsenden Pflanzen kommen in Betracht: Die Sonnenwärme und die Wärme in Folge chemischer Prozesse in der Ackerkrume. Die innere Erdwärme wird nur ausnahmsweise bemerkbar werden. Die mächtigste Wirkung der Wärme geht von der Sonne aus, und die geographische Lage hat den unmittelbarsten Einfluß auf die durchschnittliche Jahrestemperatur des Ortes und des Bodens. Die Wärme der Sonnenstrahlen wird von dem letztern aufgenommen oder absorbirt. Sein Wärmeabsorptionsvermögen wird aber wesentlich beeinflußt durch die Beschaffenheit und den Feuchtigkeitsgehalt, er wird um so mehr Wärme zurückhalten, je weniger Licht und Wärmestrahlen von seiner Oberfläche zurückgeworfen werden. Da dunkle Substanzen sich leichter erwärmen als helle, so werden auch die durch Humus, Basaltsand u. d. g. dunkelfarbig gewordenen Bodenarten unter sonst gleichen Verhältnissen wärmer werden, als helle Kalkböden und derartige, und die Temperaturdifferenz kann hierbei mehrere Grade betragen. Dunklere Bodenarten, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, bleiben kühler als helle.

Die Bodenwärme hängt aber nicht allein von der Farbe des Bodens ab, wenn diese auch hauptsächlich die Absorptionsfähigkeit desselben für die Sonnenstrahlen regelt, sondern auch von der specifischen Wärme der Ackerkrume, oder deren Wärmecapacität, von dem Verbrauch von Wärme durch Leistungen von Arbeiten in der Ackererde und von der Wärmeleitung. Da der trockene Boden durchschnittlich eine spec. Wärme von 0,2 bis 0,25 besitzt, so ist diejenige des Wassers vier- bis fünfmal so groß (Wasser = 1), d. h. es ist 4—5mal so viel Wärme nöthig, um Wasser bis zu einer bestimmten Temperatur zu erwärmen, als dies mit der trockenen Erde der Fall ist, und wenn Wasser und Erde bei einer Bestrahlung von außen die gleiche Wärmemenge absorbiren, so ist die Temperaturerhöhung der Erde vier- bis fünfmal so groß, als die des Wassers. Hieraus ergiebt sich der große Einfluß des Wassergehaltes des Bodens auf seine Erwärmungsfähigkeit, und die Bezeichnung kalter und warmer Boden finden darin ihre Erklärung. Die Wärmeleitung endlich vermittelt nach den bekannten physikalischen Gesetzen ebenso die Verbreitung der Sonnenwärme von der Oberfläche in die tieferen Schichten der Ackerkrume, als sie in entgegengesetzter Weise durch Ausstrahlung von Wärme in den Weltraum die Abkühlung des Bodens regulirt. — Aus den sämmtlichen angedeuteten Verhältnissen ergiebt sich als Hauptresultat: daß dunkle, wasserarme und leichte

Bodenarten sich in der Sonne am rascheſten erwärmen und bei dem Aufhören der Bestrahlung am schnellsten erkalten. Der Erkaltungsproceß schreitet aber weniger rasch vor als der Erwärmungsproceß, so daß derartige Böden durchschnittlich die höchsten Temperaturen einnehmen. Umgekehrt erwärmen sich helle, specifisch schwere und wasserreiche Bodenarten in der Sonne am langsamsten und kühlen sich auch in der Nacht am langsamsten ab. Da sie aber durch die helle Farbe besser vor der raschen Erwärmung geschützt sind, als vor der nächtlichen Ausstrahlung, so ist doch ihre Durchschnittstemperatur eine geringere als die der andersartigen Erden.

Dazu kommt, daß für die feuchten Bodenarten noch ein absoluter Wärmeverlust in Folge der Wasserverdunstung in Betracht kommt, welcher ihre mittlere Temperatur noch weiter herabdrückt. Böden mit feuchtem Untergrund, in denen fortwährend Gelegenheit zur Verdunstung gegeben ist, sind wohl die kältesten. Böden von hoher Durchschnittstemperatur, aber von möglichst geringen Schwankungen sind für den Pflanzenbau hinsichtlich ihrer Wärmeverhältnisse die günstigsten. Es sind dies die trockenen, dunkeln, specifisch schweren Basalt-, Melaphir-, Dolerit- und Thonschieferböden. Bodenarten von niedriger Durchschnittstemperatur, aber von großen Temperaturschwankungen sind solche, die mit einer hellen Farbe und großem Wassergehalt ein geringes specifisches Gewicht vereinigen, z. B. Dolomit- und Kalkböden. Bei einer Lufttemperatur von + 22 Grad erwärmte sich schwarz gefärbter Sand auf 50°, der weiße Quarzsand auf 41°. Der mit Ruß oder Kohlenstaub bestreute Schnee schmilzt rascher als der reine weiße. Obst an dunklen Felsenlehnen und schwarz angestrichenen Wänden reift früher u. dgl. — Wie bedeutend der Einfluß des Wassers ist, zeigen folgende Zahlen. In dem nicht drainirten Theil eines Torfmoores zeigte das Thermometer bei 12 bis 30 Zoll Tiefe das ganze Jahr hindurch 6 Grad Wärme. In dem drainirten Theile hingegen bei 30 Zoll Tiefe zwischen 6 und 7 Grad; bei 25 Zoll zwischen 7 und 8 Grad; bei 19 Zoll zwischen 7 und 9 Grad; bei 13 Zoll zwischen 8 und 11 Grad und bei 7 Zoll Tiefe zwischen 9 und 15 Grad Wärme. Von fundamentaler Bedeutung für die Erkenntniß der physikalischen Eigenschaften des Bodens und seines Verhaltens zur Wärme sind die Arbeiten von Schübler gewesen. Der Wärmeverbrauch durch Arbeitsleistung im Boden bezieht sich besonders auf die Wasserverdunstung, bei der Wärme gebunden wird.

Von besonderer Bedeutung für die Erwärmung eines Bodens ist noch die Neigung desselben gegen die einzelnen Himmelsstriche, da dadurch die Verschiedenheiten der Winkel bedingt werden, unter denen die Sonnenstrahlen einfallen. Je senkrechter die Sonnenstrahlen den Boden treffen, um so mehr erwärmen sie denselben, fallen sie schräger auf, so vertheilt sich dieselbe Menge von Wärme auf eine größere Fläche. Unsere Felder werden von den Sonnenstrahlen zumeist nur in schiefer Linie und nur dann senkrecht getroffen, wenn die Bodenfläche einer gegen Ost, Süd und West geneigten Abdachung angehört. Steht bei uns die Sonne 60 Grad über den Horizont, so können ihre Strahlen senkrecht nur auf eine Fläche von 30 Grad Neigung auffallen.

Bei gegen Süd gelegener Abdachung ist die Bodenerwärmung am stärksten, bei östlicher und westlicher Abdachung läßt sie schon nach, weil der Boden kürzere Zeit von den intensivsten Strahlen getroffen wird. Der Südabhang eines Thales empfängt mehr Wärme als die Ebenen und die Grundstücke von einer anderen Neigung. Ab und zu sind aber auch die Nordabhänge der Gebirge fruchtbarer als die Südabhänge, weil erstere keinem so großen Temperaturwechsel ausgesetzt sind, als die letzteren. Am Harz sind die Waldbestände am Südabhang sehr dem Erfrieren ausgesetzt und in der Schweiz und Schottland wird öfters jene Thatsache bemerkt.

§ 28. Das Verhalten des Bodens gegen das Wasser. Die Bodenfeuchtigkeit. Der Boden vermag das Wasser, welches er den Pflanzen zur Verfügung stellt, selbstständig zu reguliren und erwirbt sich dadurch den Beinamen eines feuchten oder trockenen Bodens. Dabei kommt in Betracht seine Wassercapacität oder wasserfassende Kraft, seine capillare Wasserleitung oder wasseraufsaugende Kraft und seine Durchlässigkeit für das Wasser.

In einem Gehäufe von Erde bilden die Erdtheilchen kleine Zwischentheilchen, welche wie Haarröhrchen wirken. Kommt mit der Erde Wasser in Berührung, so saugt sie dasselbe in die capillaren Räume ein, und es verbreitet sich mehr oder weniger darin. Je kleiner die Bodentheilchen und je zahlreicher und kleiner die capillaren Zwischenräume sind, um so mehr wird Wasser aufgenommen. Jeder Boden nimmt unter denselben Umständen immer dieselbe Menge von Wasser auf, d. h. er sättigt sich bei einer bestimmten Menge von Wasser und entzieht diese Wassermenge den Wirkungen des hydrostatischen Druckes. Die auf 100 Gewichtstheile Erde bezogene Gewichtsmenge Wasser, welche vom Boden capillar festgehalten wird, ist seine Wassercapacität. Die bei den einzelnen Bodenarten auftretenden Schwankungen erklären sich aus der verschiedenen Feinheit der Bodenelemente, oder aus der ungleichartigen Mischung verschiedener Korngrößen (die kleineren Theilchen lagern sich in die größeren Lücken ein) und aus der verschieden starken Porosität der Bodenbestandtheile.

Ein fruchtbarer Quarzsandboden vermochte 31 %, ein angeschwemmter kalkiger Lehmboden, ebenfalls erster Bonität 43 %, ein rother eisenhaltiger Thonboden aus dem Keuper 35 % Wasser festzuhalten. Schübler bestimmte die wasserhaltende Kraft des Quarzsandes zu 37,9, des Kalksandes zu 44,1, des Gypses zu 38,2, des lettigen Thones zu 51,4, des reinen Thones zu 62,9, des Humus zu 69,8 Proz. Welchen Einfluß die Größe der Bodentheilchen hat, zeigen andere Versuche. Bei einer Korngröße von 0,9—27 mm. betrug die Wassercapacität bei dem Quarz 7,0 Proz., bei 0,3—0,9 mm. 17,7 Proz. und unter 0,3 mm. 44,6 Proz. Bei gleicher Korngröße faßte Quarz 13,7, Thonstein 24,5 Proz. u. s. w. Schon hieraus ergeben sich die großen Verschiedenheiten hinsichtlich der wasserhaltenden Kraft, die bei den Culturböden auftreten und für welche noch einige Beispiele folgen mögen. Es faßte ein Thonboden 60; ein Lehmboden 39; ein Sand-

boden 28; ein Torfboden 164 Proz. Wasser. Ein baierischer Kubikfuß

Thonboden	absorbirte	21,9	Pfund	Wasser	oder	50,0	Volum. Prozent.
Lehmboden	„	26,4	„	„	„	60,0	„ „
Humusboden	„	30,9	„	„	„	70,8	„ „
Gartenerde	„	30,3	„	„	„	69,0	„ „
Kalkboden	„	24,0	„	„	„	54,9	„ „
Sandboden (82 % Sand)	„	19,4	„	„	„	45,4	„ „
Sandboden (64 % Sand)	„	28,6	„	„	„	65,2	„ „

Die Wassercapacität drückt die Größe aus, mit der eine Bodenart den gefallenen Regen auszunützen vermag; ist sie groß, so wird sie in einem regnerischen Klima und in einer feuchten Jahreszeit ebenso schädlich wirken, wie sie in einer regenarmen Gegend oder Periode nützlich zu wirken vermag. Sie kann Segen bringen, aber auch Unheil stiften. Die größte wasserhaltende Kraft vertragen die Wiesen.

Im Zusammenhang mit der wasserhaltenden Kraft steht das Vermögen des Bodens, das aufgenommene Wasser längere oder kürzere Zeit vor dem Verdunsten zu schützen. Wesentlich wird die Austrocknungsgeschwindigkeit von der mechanischen Zusammensetzung der Böden bedingt und solche, deren Wassercapacität eine große ist, werden auch im Allgemeinen lange feucht bleiben. Quarzsand gibt in einer bestimmten Zeit mehr Wasser ab als Thon und Humus und erdiger Kalk. Auch spielt der Wassergehalt der Luft, der Wind, die Temperatur und die Größe der Oberfläche bei der Austrocknung eine große Rolle. Entgegengesetzt wirkt das Vermögen des Bodens, kleine Mengen von Wasserdampf aus der Luft aufnehmen zu können, sein sogenanntes Condensationsvermögen. Im Wesentlichen ist dieses auf die hygroskopischen Eigenschaften der verschiedenen Bodenbestandtheile zurückzuführen, und vielfach ist es in seinen Leistungen überschätzt worden. Trocknet ein Boden aus, so erfolgt eine Zusammenziehung und Volumenveränderung, die häufig Risse und Sprünge herbeiführt. Bei dem Thon nennt man diese Raumverminderung „Schwinden“; mehr noch als der Thon schwindet der Humus.

Während das Wasser an der Oberfläche des Bodens verdunstet, ersetzt es sich in einem gewissen Verhältniß wieder aus den unteren Schichten. In Folge der Capillarität steigt es aus den tiefen Schichten in die Höhe und zwar in verschiedenen Bodenarten mit ungleicher Energie. Das Vermögen des Bodens, aus den tiefern Schichten Wasser aufzusaugen, ist seine capillare Wasserleitung oder seine wasseraufsaugende Kraft. Die Bodenschicht, bis zu welcher das Grundwasser im Boden sich capillarisch erhebt, nennt man seine capillare Erhebungszone. Im Sand steigt das Wasser am rascheften, im Thon am langsamsten empor.

Je mehr die Oberfläche eines Bodens durch Bearbeitung und Auflockerung vergrößert wird, desto mehr Wasser wird er verdunsten, und je geschlossener er bleibt, um so weniger wird er abgeben. Eine große Rolle spielen dabei aber die Pflanzen. Ein damit bedeckter Boden verliert mehr Wasser in Folge der Wasserverdunstung durch die Gewächse, als ein solcher, der keine Pflanzen trägt. Da bei dem Verdunsten des Wassers immer Wärme ge-

bunden wird, so muß auch die Temperatur eines Bodens um so niedriger sein, je mehr er verdunstet, und es kann ihm dadurch viel Wärme entzogen werden. Die Risse im Boden können nützlich wirken, weil sie eine erhöhte Luftcirculation gestatten, sie können aber auch durch Zerreißen der Wurzeln und durch weitere Beförderung der Verdunstung Nachtheile herbeiführen. Die Capillarität oder die Haarröhrchen-Anziehung erklärt sich von selbst aus dem Gefüge des Bodens; durch Anlagerung der kleinen bodenbildenden Theile entstehen feine Kanälchen, welche wie Haarröhrchen wirken. Für die Ackerkrume und die Pflanzen ist das Emporsaugen von der äußersten Wichtigkeit, da dadurch den oberen trockenen Regionen nicht nur wieder Wasser zugeführt wird, sondern mit diesem auch wichtige Pflanzennahrungsmittel, die es gelöst enthalten kann.

Eine der Capillarität des Bodens entgegengesetzte Eigenschaft ist seine Durchlässigkeit oder Wasser durchlassende Kraft. Sie verhindert, daß ein Boden sich nicht über seine Wassercapacität hinaus mit Wasser sättigen kann, und bedingt das verschiedenartige Eindringen des Regenwassers. Unter den Boden constituirenden Bestandtheilen ist der Sand besonders durchlassend, während der Thon die entgegengesetzten Eigenschaften besitzt. Der mit Wasser angerührte plastisch gewordene Thon hält die eingeschlossenen Wassertheilchen so energisch fest, daß sie nur sehr schwer durch andere Wassermengen zu verdrängen sind; der Thon ist, wie man sagt, undurchlassend. Häufen sich solche thonige Massen im Untergrund des Bodens an, so wird dieser ebenfalls mehr oder weniger undurchlassend und verliert die Fähigkeit, seinen Wassergehalt selbständig zu reguliren. Regnet es stark, so wird er sich nicht nur vollkommen mit Wasser sättigen, sondern er wird auch noch Wasser, welches nicht abfließt, in und zwischen sich anhäufen. In Folge davon wird ein solcher undurchlassender Boden in nassen Zeiten dem Pflanzenwachsthum nachtheilig sein, während er bei trockenem Wetter sich nicht von anderem sonst ähnlichem Boden unterscheidet. Für regenreiche Klimate ist die Durchlässigkeit des Untergrundes ein wesentliches Erforderniß. Durch Bodenmischung und Bodenbearbeitung, sowie durch die Drainage läßt sich die Durchlässigkeit des Bodens nicht unwesentlich beeinflussen.

In der Praxis spricht man von leichtdurchlässigem Sandboden, durchlässigem Lehm- oder Mergelboden, schwerdurchlässigem Moor- und Thonboden und von undurchlässigem Thonboden, je nachdem der Boden die erwähnte Eigenschaft mehr oder weniger zeigt. Eng hängt damit auch das Eindringen des Regenwassers und die ungleiche Durchfeuchtung des Bodens zusammen. Zur direkten Bestimmung der Zeit, welche das Regenwasser brauchte, um verschiedene Erden zu durchfeuchten, wurden gleich große Cylinder mit lufttrockenen Erden nahezu voll gefüllt und mit einer Wasserschicht von 2 Centim. Höhe bedeckt. Es waren hierzu 35 Kubikcentim. Wasser nöthig. Diese Wassersäule bedurfte, bis sie von der Oberfläche verschwunden, bei einem

fruchtbaren Sandboden	3	Minuten.
rothen lockeren Thonboden	6	„
weißen festen „	18	„
kalkigen Lehmboden	2	„

Die benutzte Wassermenge drang in den Boden ein bei dem Sandboden bis zu einer Tiefe von 0,11, bei den beiden Thonboden bis zu 0,09 und 0,08 und bei dem letzten bis zu 0,12 Meter.

§ 29. Weiter kömmt bei der Beurtheilung des physikalischen Verhaltens des Bodens in Betracht seine Cohärenz d. h. die Fähigkeit der Bodentheile, im feuchten und im trockenen Zustand aneinander zu haften. Das Gefüge oder der Zusammenhang des Bodens, wie man diese Eigenschaft auch nennt, wird wesentlich bedingt durch den Thon und den Kalkgehalt, zuweilen auch durch den Humus. Liegen die Bodentheile lose an einander, ohne besondere Bündigkeit, so heißt der Boden locker oder schüttig, ist das Gegentheil der Fall, dicht oder bündig. Ein mittlerer Grad von Lockerheit ist für die Cultur am geeignetsten, weil er am besten die Cirkulation von Luft und Wasser gestattet und die Ausbreitung der Wurzeln befördert. Die mit der Lockerheit Hand in Hand gehende Porosität unterstützt die Verwitterungsprozesse und die Verwesungsvorgänge, durch welche stetig neue aufnehmbare Pflanzennahrungsmittel geschaffen werden.

Zu bündiger Boden wird durch den Frost bedeutend gelockert und gemürbt, und auch viele Pflanzen, und rationelle Cultur und Bearbeitung wirken darauf ein. In der Praxis beurtheilt man die Bündigkeit des Bodens nach seinem Verhalten bei der Bearbeitung; schwer wird er genannt, wenn er den Ackerwerkzeugen großen Widerstand entgegensetzt und große Schollen zurückläßt. Strenger, zäher oder widerspenstiger Boden zeigt diese Eigenschaften in höherem Grade, während leichte, schüttige und lockere Bodenarten sich gegentheilig verhalten. Die specifisch schwersten Böden wie Sandboden sind die leichten Bodenarten der Praxis, während specifisch leichtere Bodenarten wie Kalkboden, lockerer Lehmboden u. s. w. schwerer zu bearbeiten sind. Das absolute Gewicht des Bodens selbst ist natürlich schwankend. (Ein Kubikfuß lufttrockener Boden wiegt 75—80 Pfund.)

Zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Bodens ist es zweckmäßig mit mehreren verschiedenartigen Bodenarten gleichzeitig zu arbeiten, da hierdurch eine Gelegenheit zur Vergleichung geboten wird, und die Eigenthümlichkeiten schärfer hervortreten. — Größere Mengen der Bodenarten, 8—10 Pfund, werden getrocknet und mit Hülfe eines Siebes von den gröberen Gesteinresten, Wurzeln u. dgl. befreit. Diese vollständig lufttrockenen Erden werden benutzt. Man ermittelt:

1. Die wasserhaltende Kraft mit Hülfe eines circa 400—500 Gramm lufttrockene Erde haltenden, mit Siebboden versehenen Zinkcylinders, durch Einsaugen von unten. Der gewogene, mit Erde gefüllte Cylinder wird in Wasser gestellt und nach dem vollständigen Durchfeuchten nochmals gewogen. — Man beachte die dazu nöthige Zeit. Zweckmäßig lassen sich hierzu auch Lampencylinder benutzen, welche durch kleine übergreifende Blechsiebe, die jeder Klempner liefert, verschlossen werden.

2. Die Schwere, indem der vorher gebrauchte Zinkcylinder stets gleichmäßig gefüllt wird.

3. Den Wassergehalt der lufttrockenen Erden durch Austrocknen von 4—5 Gramm bei 100° C.

4. Wie schnell das Regenwasser eindringt. Cylinder von ca. 14 Cm. Höhe werden mit Erde gefüllt und mit einer Wasserschicht von ca. 2 Cm. Höhe bedeckt. — Aufgießen einer bestimmten Wassermenge. — Man beachte die zum Einsaugen nöthige Zeit.

5. Das Verhalten zur Sonnenwärme mittelst des Thermometers.

6. Die Leitungsfähigkeit für Wärme durch Erwärmen von ca. 250 Gramm trockenen Bodens in einem geeigneten Zinkkästchen, bis auf 60° C. — Man beachte die hierzu nöthige Zeit und die Abkühlung.

7. Die Absorptionsfähigkeit für die wichtigeren Pflanzennährstoffe. 100—120 Gramm der lufttrockenen Böden werden mit verdünnten Salzlösungen, von bestimmtem Gehalt, übergossen, und unter häufigem Umschütteln 24 Stunden damit in Berührung gelassen. Von der überstehenden Flüssigkeit filtrirt man eine bestimmte Menge ab und bestimmt die noch darin befindlichen Salzmengen. Die Differenz zwischen den verwendeten und gefundenen Mengen ergibt die absorbirten Salze. (Z. B. 2 Gramm Salmiak werden in 500 Gramm Wasser gelöst und die Lösung mit 200 Gramm Erde geschüttelt.) Am andern Tage wird möglichst viel abfiltrirt, das Filtrat im Wasserbad zur Trockne verdampft und gewogen. Der Rückstand ist Salmiak, welcher nicht absorbirt worden, verunreinigt mit etwaigen gelösten Stoffen. Annähernd können die letzteren bestimmt werden, nach dem Verflüchtigen des Salmiaks, durch Glühen und abermaliges Wägen.

§ 30. Eintheilung des Bodens.

Ihrer rein mineralischen Beschaffenheit nach können die Böden in folgende Klassen und Arten eingetheilt werden.

I. Ursprüngliche oder Grundschuttböden.

A. Entstanden aus einem krystallinischen Massengestein.

1. Feldspathböden (aus Granit, Porphyr, Trachyt u. s. w.).
2. Augit- und Hornblendeböden (aus Basalt, Dolerit, Melaphyr u. s. w.).
3. Glimmerböden (aus Glimmerschiefer, Gneiß).

B. Entstanden aus einem geschichteten Gestein.

4. Sandsteinböden (aus verschiedenen Sandsteinen).
5. Thonböden (aus Thonschiefer, Schieferthon).
6. Kalkböden (aus Kalksteinen, Kreide, Dolomit).

II. Verschwemmte oder Fluthschuttböden.

7. Schutt- und Kiesböden (aus den verschiedensten Gesteinen).
8. Sandböden.
9. Thonböden.
10. Lehmböden (Gemischte Sand- und Thonböden).
11. Kalkböden (kommen als Fluthschuttgelände nur selten rein vor).
12. Mergelböden (Kalk und Thon vermischt enthaltend).

Die Gruppe des Feldspathes umfaßt mehrere wasserfreie Silikate von Thonerde und einem Alkali, Kali, Natron oder Kalk. Die wichtigsten sind: Der Kalifeldspath oder Orthoklas, Kaliumsilikat mit Thonerdesilikat. Er ist

ein wesentlicher Bestandtheil der Granite, die neben ihm noch Quarz und Glimmer enthalten, und gehört zu den wichtigsten Bestandtheilen der Erdrinde. Der Natronfeldspath, Albit, enthält statt des Kalis Natron, der Kalkfeldspath oder Labrador Kalk. Oligoklas, Nephelin, Petalit, Obsidian u. a. sind weitere Varietäten der Feldspathe. Augit und Hornblende bestehen vorwiegend aus wechselnden Mengen von Calciumsilikat und Magnesiumsilikat mit mehr oder weniger Eisenoxydul. Sie finden sich als Felsarten für sich und in vielen vulkanischen Gesteinen. Mit dem Namen Glimmer bezeichnet man Mineralien, die Silikate von Leichtmetallen sind, in kleinen dünnen Blättchen krystallisiren und einen eigenen Glanz besitzen. Vorwiegend besteht der Glimmer aus Kieselsäure und Thonerde, mit Magnesia, Eisenoxyd und Eisenoxydul, Kali und Natron. Der Gneiß ist Granit, in welchem der Glimmer vorherrscht und der eine schiefrige Struktur besitzt. — Viele Bodenarten sind Uebergangsglieder der oben aufgezählten und werden je nach ihren vorherrschenden Eigenschaften bezeichnet.

§ 31. In der landwirthschaftlichen Praxis bezeichnet man die Bodenarten nach denjenigen bodenbildenden Bestandtheilen, deren Eigenschaften in dem Boden selbst in den Vordergrund treten. Auch hat man oft einen bestimmten Prozentsatz für die einzelnen Bodentheile angegeben und davon den einen oder andern Namen abhängig gemacht. Da in der Ackererde besonders die Eigenschaften des Thones, des Sandes, des Kalkes und des Humus hervortreten, so unterscheidet man folgerichtig als Hauptbodenarten: Thonboden, Sandboden, Kalkboden und Humusboden. Macht sich neben den hauptsächlichen Eigenschaften derselben noch der Einfluß eines anderen bodenbildenden Bestandtheiles bemerkbar, so setzt man der Hauptbodenart den Namen des letzteren als Beiwort hinzu. Dadurch entstehen die verschiedenen Unterabtheilungen.

Ein Boden, welcher die Eigenschaften des Thones zeigt, wird kurzweg als Thonboden bezeichnet, selbst dann noch, wenn er mehr Sand als Thon besitzen sollte, der beigemengte Sand die Eigenschaften des Thones aber nicht unterdrückt. Ebenso ist es bei den übrigen Hauptbodenarten. Eine Bezeichnung nach den wirklichen Mengenverhältnissen ist unpraktisch, weil man dieselben doch nicht ohne Weiteres feststellen kann.

Die wesentlichste Eigenschaft des Thonbodens ist seine Bündigkeit und sogenannte Undurchlässigkeit; seine Grundfarbe ist grau. Unterabtheilungen sind: gemeiner Thonboden, sandiger Thonboden, Kalk-Thonboden, Mergel-Thonboden, humoser Thonboden, eisenhaltiger Thonboden und steiniger Thonboden. Gewöhnlich sind es Fluthschuttbildungen, doch findet sich auch Kalk-Thonboden im Grundschutt.

Die hierher gehörigen Böden sind bindige, im feuchten Zustande mehr oder weniger anklebende, im trockenen fest und rissig werdende Gemenge. Durchschnittlich enthalten sie mindestens 60 Proz. Thon und höchstens 40 Proz. Sand. Letzterer enthält noch 2—7 Proz. in Alkalien lösliche Kieselsäure, 4—5 Proz. Eisenoxyd und mannigfache andere Gesteinstrümmer beigemengt. Sie sind kalklos, wie der gemeine Thonboden, oder kalkhaltig. Der gemeine Kalkthonboden enthält 6—10 Proz. Kalktrümmer. Der Mergel-Thonboden (Mergel ist Calciumcarbonat mit mehr oder weniger Thon

und anderen Verbindungen) wird auch Kley genannt. Die Thonböden erwärmen sich langsam, halten sich lange feucht, und erfordern trockenes Klima und durchlassenden Untergrund. Ihr Absorptionsvermögen ist bedeutend. Sie lassen sich schwer bearbeiten und nur bei einem bestimmten Feuchtigkeitszustand gut pflügen. Die Ausbildung der Wurzeln ist in denselben eine erschwerte. Bei starkem Regen wird ihre Oberfläche leicht fest und das Austrocknen dadurch so erschwert, daß die Wurzeln der Halmfrüchte, Saatkartoffeln u. s. w. leicht Schaden leiden und sogar abfaulen können. Durch Drainage, Brennen, Kalkdüngung, Mischen mit Sand und gute Bearbeitung können sie verbessert werden. Sogenannte saure Pflanzen, wie Riedgräser, Simsen, Rohrschilf, Wollgras, ferner Huflattig, Pestilenzwurzel, Ziest, Schachtelhalm u. a. gedeihen besonders in dem strengen thonigen Boden. Wachholder, Buchen und Eichen vertragen ihn, während er dem Obstbau im Ganzen nicht günstig ist. Von den Culturpflanzen bringt man nicht gern Roggen, Kartoffeln und Rüben darauf.

Der Sandboden ist vorzüglich ausgezeichnet durch seine Lockerheit und Durchlässigkeit; seine Grundfarbe ist weißgelb. Gemeiner Sandboden, thoniger Sandboden, Kalk-Sandboden, Mergel-Sandboden, humoser Sandboden, eisenhaltiger Sandboden und Lava und Glimmer-Sandboden sind Unterabtheilungen. Die beiden letzten und der Kalk-Sandboden gehören zum Grundschutt, die übrigen zum Fluthschutt.

Durchschnittlich enthalten die genannten Bodenarten 80 Proz. Sand und 20 Proz. thonige Substanz. Reiner Sand ist unfruchtbar, er kann aber durch geringe Mengen anderer Stoffe ertragsfähig gemacht werden. Sein Absorptionsvermögen ist unbedeutend und das Regenwasser vermag er nur in geringer Weise festzuhalten, deßwegen ist ein undurchlassender Untergrund für ihn günstig. Er strahlt die Wärme am stärksten aus und bethaut deßwegen besonders stark; auch gefrieren die Pflanzen auf ihm leichter als auf anderen Böden. Wegen seiner Lockerheit ist er stets leicht zu bearbeiten, bedarf aber deßwegen auch viel Dünger. Sandriedgras, Bocksbart, Sandnelke, Buchweizen, Lupinen, Grauschmiele, Sandhaargras, Haide u. a. Pflanzen gedeihen besonders auf ihm. Von Holzgewächsen: Kirsche, Pappel und Akazie. Gut cultivirt liefert er reiche Erträge der meisten Culturpflanzen.

Der Kalkboden ist im nassen Zustand breiig und schmierig, nach dem Trocknen pulverförmig. Seine Grundfarbe ist schmutzig weiß bis grauweiß und gelb. Mit Ausnahme einiger Mergelbildungen gehört er fast durchweg zum Grundschutt, findet sich aber verhältnißmäßig nur selten im reineren Zustand, da bei der Verwitterung des Muschelkalkes und anderer Kalkgesteine der größte Theil des Calciumcarbonates gelöst und fortgespült wird und hauptsächlich der Thon jener Felsarten als Verwitterungsprodukt auf der Kalkunterlage liegen bleibt. Solche aus der Verwitterung von Muschelkalk entstandene Böden sind meist Thonböden und enthalten oftmals nur wenige Prozente Kalk. Gemeiner Kalkboden, thoniger Kalkboden, sandiger Kalkboden, steiniger Kalkboden, Kreide-Kalkboden, Mergel-Kalkboden und Dolomit-Kalkboden sind Unterabtheilungen. (Dolomit ist Calciumcarbonat und Magnesiumcarbonat.)

Die kalkreichen Bodenarten enthalten höchstens 75 Proz. Thon und wenigstens 15 Proz. Kalk als Kalkcarbonat, welches letztere zuweilen bis zu 30 Proz. steigt. Daneben sind noch Magnesiumcarbonat, mitunter in reicherer Menge als der Kalk, und die übrigen stets vorhandenen Beimengungen vorhanden (Eisenoxyd, Alkalien, Säuren, Humus u. s. w.). Sein Werth wird besonders bedingt durch die Lage, die Feuchtigkeit und den Untergrund. Ist der letztere durchlässig, so wird er mitunter ganz unfruchtbar; wie er überhaupt sehr an Dürre leidet. Seine Bearbeitung ist eine leichte. — Wiesensalbey, Waldmeister, Färberkamille, Brombeeren, Kleearten und Leguminosen gedeihen besonders auf ihm. Im feuchten Kalkboden gedeihen die Laubhölzer, in trockenem die Nadelhölzer besser. Auf den besseren Arten wachsen alle Culturpflanzen.

Der **Humusboden** ist im nassen Zustande schwammig und speckig, im trockenen wenig zusammenhängend, lose und hohl. Sein Volumen steigt mit seinem Feuchtigkeitsgehalt; seine Grundfarbe ist braun bis schwarzbraun. Man unterscheidet milden Humusboden, Haide-, Wald-, Torf- und Moor-Humusboden. Wenn er Thon und Kalk enthält, kann er sehr fruchtbar werden. Düngung mit Kalk, Holzasche, Mergel sind ihm besonders zuträglich.

Der Humusboden enthält mehr als 20 Proz. Humus, läßt sich stets gut bearbeiten und eignet sich besonders zu Wiesenland. Saaten wittern darin leicht aus, und eine möglichst trockene Lage ist ein Haupterforderniß für ihn. Als besondere Bildungen in ihm werden genannt: Thonmoorboden, Braak- und Sandmoorboden und Kalk- und Lößmoorboden. Der Waldhumusboden, der sich im Walde und da, wo sich organische Stoffe ansammeln, findet, ist ein sehr reicher und fruchtbarer Boden. Der Haidehumusboden enthält gewöhnlich viel unzersetzte organische Massen und Sand. Der Torfboden bildet zumeist die oberste Decke der Torflager. Er leidet oft an zu großer Näſſe und wird dann erst nach vollkommener Entwässerung benutzbar. — Rimpau'sche Dammculturen. — Die Sumpfflora hat mit derjenigen der Thonböden große Aehnlichkeit.

Unter **Lehm** versteht man eine so innige Mischung der bodenbildenden Bestandtheile, Thon, Sand und Eisenoxyd, daß weder die Eigenschaften des einen noch des andern hervortretend sind und die ganze Masse eine gleichmäßig rothgelbe Farbe besitzt. Im Durchschnitt enthält der Lehm etwa 30—50 Proz. Thon, 20—30 Proz. Sand oder sandähnliche Felstrümmer und 5—15 Proz. Eisenverbindungen. Gewöhnlich findet sich in ihm eine größere Menge unzerriebener Felstrümmer und Kieselerde. Einen Boden, der die Eigenschaften des Lehmes zeigt, nennt man Lehmboden. Gemeiner oder mittlerer Lehmboden, thoniger Lehmboden, sandiger Lehmboden, Kalk-Lehmboden, Mergel-Lehmboden, humoser Lehmboden und eisenhaltiger Lehmboden sind Unterabtheilungen.

Nach seinen Eigenschaften hält der Lehmboden die Mitte zwischen Thonboden und Sandboden; er ist weniger bündig als der Thonboden und nicht so locker wie der Sandboden und erscheint als eine milde, feinkörnige, gleichartige Bodenmasse, die sich leicht zerreiben und bearbeiten läßt. Seine Grundfarbe ist rothgelb, durch Düngung und Anhäufung von Humus wird er

dunkler. Er gehört theils dem Grundschutt, theils dem Fluthschutt an und findet sich in vielen Flußthälern als mächtige Anlagerung. Löß, Letten, Flottlehm u. a. sind Modificationen.

§ 32. Das Verhältniß des oberen Bodens zum Untergrund. Die Eigenschaften der Ackerkrume werden bedeutend beeinflußt durch die Eigenart der darunter liegenden Massen und zwar um so mehr, je geringer die Mächtigkeit des obern Bodens ist. Die Eigenart des Untergrundes hängt von seiner Lagerung, seiner Zusammensetzung und dem darin befindlichen Wasser ab. Im Grundschutt nennt man den obern Boden Deckengebirge, im Fluthschutt kurzweg Oberboden. Zum Untergrund werden alle Schichten gerechnet, die anders als die obern beschaffen sind; im Grundschutt heißt er Grundgebirge oder Sohle, im Fluthschutt Unterlage. Ist der obere Boden nicht über einen Fuß tief, so spricht man von seichtem Boden, bei 1—3 Fuß Tiefe von einem mitteltiefen und bei einer Tiefe von mehr als 3 Fuß von einem mächtigen Boden. Von besonderer Bedeutung in seiner Rückwirkung auf die Ackerkrume ist es, ob der Untergrund durchlassend oder undurchlassend ist. Nach dem Grade, in welchem der Untergrund das Wasser zurückhält, durchläßt oder aufsaugt, nennt man denselben: anhaltend, streng, verschlossen, kalt und sehr naßkalt, oder: locker, saugend, warm und hitzig.

Bei vorzüglichen Eigenschaften des oberen Bodens ist eine starke Schicht desselben vortheilhaft, bei geringeren kann der Untergrund die Mängel ganz oder theilweise ausgleichen. Ein durchlassender Sandboden, der zu trocken ist, kann durch einen thonigen Untergrund feucht erhalten und umgekehrt, ein nasser, kalter Thonboden durch einen kies- und geröllereichen Untergrund trockener gemacht werden. Ein tiefreichender Oberboden von guten Eigenschaften vermag Wasser und gelöste Nahrungsmittel in großer Menge aufzunehmen und festzuhalten. Er ist ein Magazin, aus welchem den Wurzeln, die sich in ihm behaglich ausbreiten, immer neue aufnehmbare Massen zugeführt werden.

II. Abschnitt.

Die Pflanze und die Produktion von organischer Substanz.

3. Kapitel. Die Pflanze nach ihren Formbestandtheilen.

§ 33. Die Grundlage der organisirten Körper, auf welche sie sich bei ihrer Zergliederung und mikroskopischen Betrachtung zurückführen lassen, ist die Zelle.

Die Pflanzenzelle ist meistens viel größer, als diejenige des Thierkörpers und erscheint als ein kleines Bläschen (Fig. 1), dessen Form in dem einfachsten Falle eine runde ist. Gebildet wird das Bläschen von einem außerordentlich dünnen und durchsichtigen Häutchen, der Zellhaut oder Zellenmembran, unter welcher sich bei lebenden

Zellen noch ein zweites weicheres, geschlossenes Hautgebilde befindet. Beide Hüllen umschließen eine schleimige, feinkörnige, eiweißähnliche



Fig. 1.

Masse, „Protoplasma" genannt, welche sich mit dem übrigen wässerigen Zellinhalt nicht vermischt, und ein kleines flachrundes Körperchen, den Zellkern (Fig. 1 *a*). Die Wände der Zellen sind für Flüssigkeiten und darin gelöste Stoffe durchdringbar und besitzen eine bestimmte Dehnbarkeit. Aus derartigen Zellen wird die gesammte Pflanzenmasse gebildet, und jeder Pflanzentheil besteht nur aus Zellen, welche allerdings die mannichfachsten Veränderungen erleiden und in den verschiedensten Formen auftreten können. In den Zellen eingelagert finden sich dann die weiteren Pflanzenbestandtheile, wie Stärke, Zucker, Gummi u. dgl. Bei dem Wachsen der Pflanzen, mit anderen Worten, bei der Vermehrung und Zunahme der einzelnen Zellen, werden die älteren auf die verschiedensten Weisen, je nach den ihnen zukommenden Zwecken, verändert. So werden die weicheren Theile der Pflanzen, wie Knollen, Früchte, Rinde, Mark u. s. w., gewöhnlich von Zellen gebildet, welche nach allen Richtungen hin ziemlich gleichmäßig ausgedehnt sind. Langgestreckte, oben und unten zugespitzte, spindelförmige Zellen, deren Wände ziemlich verdickt sind, und welche sehr in einander gedrängt erscheinen und die festen Bestandtheile der Pflanzen bilden, nennt man Holzzellen (Fig. 2). Langgestreckte, biegsame Zellen, wie sie unsere Gespinnstfaser in ausgezeichneter Weise zeigt, nennt man Bastzellen u. s. w. Trotzdem nun die verschiedenen Zellen unter einander fest zusammenhängen und durch Verbindung derselben das sogenannte Zellgewebe gebildet wird, berühren sich aber doch die Wände derselben nicht an allen Orten, und es entstehen Zellenzwischengänge (Fig. 1 *b*), sogenannte Intercellularräume, welche für die Saftleitung und Durchlüftung der Pflanze von großer Wichtigkeit sind. Bisweilen entstehen auch lochförmige Durchbohrungen der Zellwand, und es treten senkrecht über einander befindliche Zellen in röhrenförmige Verbindung. Solche Röhren oder Gefäße sind während ihrer Entstehung starke Saftleiter, später verlieren sie aber diese Eigenschaft und werden von ziemlich untergeordneter Bedeutung für das Pflanzenleben.

Die gesammten Körper, welche uns umgeben, und von welchen der uns bekannte Theil unseres Planeten gebildet wird, theilen wir ein in organische und an- oder unorganische. Das wesentliche Merkmal der unorganischen Körper ist Bewegungslosigkeit und Ruhe, das der organischen Leben, Bewegung. Die organischen Körper scheiden bei dem Erhitzen Kohle aus und verbrennen, die unorganischen sind meistens unverbrennbar. Zu den unorganischen Körpern gehören die Mineralien und Gesteine, zu den

Fig. 2.

organischen die Pflanzen und Thiere. Pflanzen und Thiere können auch als organisirte Wesen bezeichnet werden, weil sie bestimmte Organe besitzen, während es auch organische Körper gibt, bei welchen dies nicht der Fall ist. Das Elementarorgan des organisirten Körpers ist die Zelle. Es ist nicht immer leicht zu bestimmen, ob die Organismen dem Thier- oder Pflanzenreiche zuzuzählen sind, und besonders die untersten Glieder beider Reiche haben so viel Uebereinstimmendes, daß man strenge und völlig bezeichnende Merkmale nicht aufzufinden vermag und es häufig zweifelhaft ist, ob man es mit thierischen oder pflanzlichen Gebilden zu thun hat. Im Allgemeinen kann man sagen, daß sich die Thiere durch das Vermögen der freiwilligen Ortsveränderung, durch das Empfindungsvermögen, einen größeren Gehalt an Stickstoff und durch die Anwesenheit von Höhlungen innerhalb des Körpers, bestimmt zur Aufnahme von Organen, von den Pflanzen unterscheiden.

Der Zellkern, der ebenfalls aus Plasma oder Protoplasma besteht, ist nur in den jungen, lebenskräftigen Pflanzenzellen vorhanden und verschwindet in den älteren, die oft durch ungleichmäßiges Wachsthum unregelmäßige, ästige, strahlige und vielflächige Formen annehmen. Die ursprüngliche dünne Zellwand, die primäre (Fig. 1 *m*), verdickt sich durch Anlagerung von innen her; diese Verdickungsschichten nennt man secundäre Zellenmembrane. Bleiben bei der Anlagerung derselben Stellen frei, so entstehen die sogenannten Tüpfel, meist als runde Stellen, an denen also die Zellwand dünner ist. Die Gefäße erscheinen als in der Wachsthumsrichtung der Pflanze fortlaufende Röhren; man unterscheidet u. a.: Leitergefäße oder Treppengefäße (Fig. 3 *b*), Spiralgefäße (Fig. 3 *c*), Netzgefäße (Fig. 3 *d*) und Ringgefäße (Fig. 3 *e*).

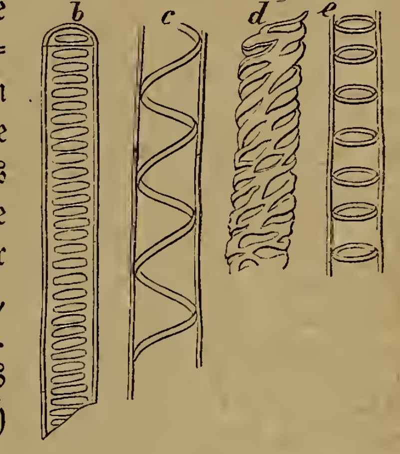


Fig. 3.

§ 34. Die Zelle ist aber nicht nur das Formelement der Pflanze, sondern sie ist auch das kleinste selbstständige Pflanzenindividuum, welches allein bestehen kann, und gleichzeitig das Element, aus welchem jeder Pflanzentheil und Pflanze hervorgeht. Nur die Art und Weise, in welcher das Letztere geschieht, ist verschieden, aber stets ist die Zelle als das Fortpflanzungsorgan zu betrachten, gleichgültig, ob sie befruchtet worden ist oder nicht, ob sie als Keimzelle von dem Samen eingeschlossen wird, oder ob sie als Knospe die Fortpflanzung vermittelt, immer wird die Entstehung neuer Zellen an das Vorhandensein einer anderen geknüpft sein, und die gesammte Pflanze, aus lauter einzelnen Zellen bestehend, wird nothwendig auch aus den Bestandtheilen der Zellen bestehen müssen. Das Bildungsmaterial der Zelle ist der Zellstoff, auch Rohfaser genannt. In der Zelle eingelagert, finden sich stets Eiweiß, häufig Stärke, Zucker, Dextrin, Chlorophyll oder Blattgrün, Fett u. dgl. Verbindungen, sowie geringe Mengen unorganischer Salze, gelöst in dem Zellsaft oder auch in der Zellwand abgelagert. Ferner eine bedeutende Menge von Wasser und Luft. Die Quantität der einzelnen Verbindungen ist bei den verschiedenen Pflanzen und in dem einzelnen Pflanzentheile eine sehr ungleiche, und es läßt sich im Allgemeinen nur sagen,

daß die unorganischen Bestandtheile stets in weit geringerer Menge in den Pflanzen vorkommen, als die organischen, und von den letzteren wiederum die stickstofffreien Verbindungen bedeutend vorherrschen.

Die Bildung neuer Zellen erfolgt durch Theilung der Mutterzellen oder durch freie Zellbildung. Das Eiweiß, Plasma, erscheint in der jungen Zelle als schleimig dickflüssige Bildungsmasse, die durch Fäden mit dem Zellkern verbunden ist. In dem letzteren ist oft eine Fortbewegung der Substanz bemerkbar, weßhalb sie auch Plasmaströmchen genannt werden können. Das Blattgrün (Fig. 1 *k*) ist wie das Eiweiß stickstoffhaltig und bildet glänzende, gelbgrüne, regellos zerstreute oder der Zellwand anliegende kleine Körnchen. Mitunter kommt es auch in größern, verschiedenartig gruppirten Massen vor.


Fig. 4.

Das Stärkemehl tritt immer in Körnern auf, welche eine, je nach der Art der Pflanze, verschiedene Form zeigen. In den Kartoffeln läßt es eine deutliche concentrische Schichtung erkennen. In andern Pflanzen erscheint es in rundlichen, elliptischen, scheibenförmigen, stabförmigen oder auch unregelmäßigen Gestalten. Die unorganischen Salze kommen auch ab und zu in Krystallen, einzeln oder gruppenweise, in dem Zellinhalte vor. Besonders häufig finden sich verschiedenartige Krystalle (Fig. 4) von oxalsaurem Calcium in dem saftreichen Zellgewebe vieler Pflanzen.

§ 35. Durch Vereinigung von Zellen entstehen die verschiedenen Arten der Zellgewebe. Die verbreitetste Form derselben ist das Parenchym, welches aus dicht aneinander anliegenden, gleichmäßig entwickelten Zellen besteht. Gewöhnlich zeigen dieselben vier- und sechsseitige Formen (s. Fig. 4). Sind die Zellen locker und lose mit einander verbunden, so wird es Merenchym genannt und Urparenchym, Bildungsgewebe oder Cambium, wenn seine Zellen noch sehr dünnwandig und plasmareich erscheinen, einen großen Zellkern besitzen und der Vermehrung durch Theilung fähig sind. In der ersten Jugend bestehen alle Organe aus Urparenchym. Das Korkgewebe, Oberhautgewebe, Prosenchymgewebe oder Fasergewebe sind weitere in den Pflanzen vorkommende Gewebsarten. Bei den höhern Gewächsen treten dann die Gefäßbündel auf, welche aus einzelnen Gefäßen und Prosenchymgeweben bestehen. Sie enthalten einen Basttheil, der aus biegsamem, und einen Holztheil, der aus verdicktem und erhärtendem Prosenchym besteht. Zwischen beiden liegt eine Schicht von Urparenchym, der sog. Cambiumtheil, aus dem sowohl der Bast, als auch der Holztheil hervorgehen. Die Gefäßbündel durchziehen als faserige Stränge das Zellgewebe und bilden gewissermaßen das feste Skelet der Pflanzentheile.

Das Korkgewebe besteht aus flachen, tafelförmigen, lufthaltigen Zellen mit elastischen Wänden. Es bedeckt die Oberfläche von Wurzeln und Knollen, tritt an der Korkeiche sehr mächtig auf und ist in den äußern Rindenschichten der Bäume sehr verbreitet. Das Oberhautgewebe oder Epidermis überzieht die Oberfläche der krautartigen Theile und der jüngeren Zweige der höhern Pflanzen. Seine lufthaltigen Zellen sind so fest mit einander verbunden,

daß es sich abziehen läßt. Besteht die Oberfläche von Pflanzenorganen aus zartwandigem, safthaltigem Zellgewebe, wie z. B. die meisten Blumenblätter, so heißt dieses Epithelium. Weiter ist das Oberhautgewebe charakterisirt durch die darin vorkommenden Spaltöffnungen und die Anhangsorgane, welche es häufig trägt. Die Spaltöffnungen (Fig. 5) werden von zwei halbmondförmigen Zellen gebildet, welche, weil sie sich erweitern und verengern können, Schließzellen heißen. Zwischen ihnen bleibt eine Spalte (porus), welche in das Innere des Pflanzenkörpers führt. Figur 6 zeigt Oberhautgewebe mit Spaltöffnungen. Anhangsgebilde der Oberhaut sind Haare, Schuppen, Drüsen und Stacheln. Sie bestehen immer aus Zellen und Zellgruppen, die in der mannichfachsten Art modificirt sein können. Durch eine einfache schlauchartige Erhebung einer Epidermiszelle entsteht ein einzelliges Haar. Entsendet dieser Schlauch an einem Punkt Zweige, so wird das Haar sternförmig genannt, Fig. 7; hat es an der Spitze ein einzelliges Köpfchen mit flüssigem Inhalt, so heißt es Drüsenhaar (Fig. 8), u. s. w. Das Prosenchym oder Fasergewebe (Fig. 9) besteht aus keilförmig verlaufenden, in einander eingreifenden, fest vereinigten Zellen, deren Wände sich gewöhnlich verdicken. Bleiben sie dabei zähe und biegsam, so bilden sie das Bast; werden sie, während ihr flüssiger Inhalt allmählich verschwindet und durch Luft ersetzt wird, starr und fest, das Holzgewebe.

Fig. 5.



Fig. 6.

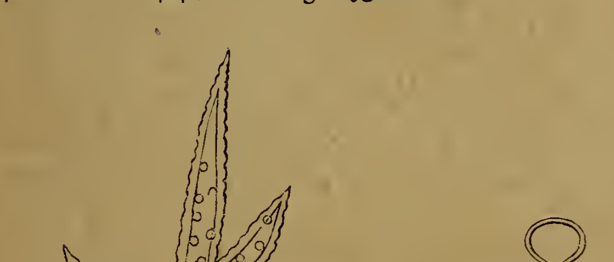


Fig. 7.

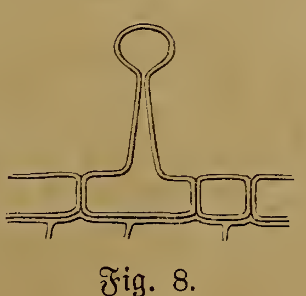


Fig. 8.

§ 36. Die Organe unserer Culturgewächse, die Wurzeln, Stengel, Blätter u. s. w. zeigen im Großen und Ganzen hinsichtlich ihres Baues wenig Verschiedenheiten. Sie bestehen alle aus Zellgewebe, welches von den in bestimmter Weise angeordneten Gefäßbündeln durchzogen wird. In der Jugend bestehen sie aus Urparenchym, welches sich zu den verschiedenen Geweben umbildet. Dabei treten oftmals Ver-



Fig. 9.

dickungen der Zellwände ein, welche die Veranlassung zur Holzbildung werden.

Die Wurzeln sind von den oberirdischen Theilen besonders dadurch ausgezeichnet, daß einzelne Zellen ihrer Oberhaut oftmals zu langen und dünnen Wurzelhaaren ausgezogen werden und die Wurzelspitze selbst von keiner Epidermis bedeckt ist. Das leichte oder schwere Anwachsen versetzter Pflanzen beruht auf der leichten oder erschwerten Ersatzfähigkeit der bei dem Verpflanzen zerstörten Wurzelhaare. Sie sind neben den Wurzelspitzen die Hauptorgane für die Pflanzenernährung.

Auf dem Querschnitt eines monocotyledonen Stengels, also bei den Pflanzen, deren Keimling nur ein Keimblatt hat, stehen die Gefäßbündel zerstreut und nach außen zu dichter wie nach innen. Durch Verschwinden der Gewebsmassen zwischen dem Inneren entsteht bei diesen Pflanzen die centrale Stengelhöhlung, die nur da unterbrochen wird, wo die Gefäßbündel von Anhangsorganen, wie der Blätter, quer überlaufen. An solchen Orten entstehen die Knoten. In den Blättern dieser Pflanzen verlaufen sie nur in der Längsrichtung. Gewöhnlich werden sie darin als Blattnerven oder Rippen bezeichnet.

Bei den Dicotyledonen oder zweisamenlappigen Pflanzen stehen die Gefäßbündel kreisförmig und bilden auf dem Querschnitt des Stengels einen mehr oder weniger geschlossenen Ring. In den Blättern verlaufen sie nach allen Seiten. Innerhalb des Gefäßbündelringes liegt das Mark, außerhalb die Rinde; von dieser bis zum Mark, zwischen den Gefäßbündeln hindurch, ziehen sich die Markstrahlen (Spiegelfasern). Die Neubildung von Zellen und Geweben und somit die Vergrößerung des dicotyledonen Stammes erfolgt zwischen dem Basttheil und dem Holztheil der Gefäßbündel (Cambium oder Verdickungsring). Die jährlich neu entstehenden Massen lagern sich entweder als Holz nach innen zu, oder als Bast nach außen zu an, und es entsteht allmählich ein umfangreicher Holzkörper, der aus concentrischen Jahresringen besteht. Die dunkleren festeren Theile eines jeden sind im Herbst, die helleren im Frühjahr entstanden. Die Rinde besteht aus der Oberhaut, der äußeren und inneren Zellschicht und dem Bast.

Die Blätter sind zumeist flächenartig ausgebreitete Organe, deren beide Flächen von der Oberhaut überzogen sind. Die letztere trägt häufig Anhangsorgane, wie Haare u. d. g., und enthält besonders auf der Unterseite sehr viele Spaltöffnungen. Bei dem Blatt des Birnbaumes kommen auf einen Quadratzoll ungefähr 24000; bei dem Raps 40,000. Zwischen den beiden Flächen liegt das grüne Blattparenchym oder Mesophyll, in dem zahlreiche Luftlücken (Athmungshöhlen) vorkommen.

Die Blüthentheile sind umgebildete Blätter und lassen deren Bau erkennen. Ihre Oberfläche ist mit Oberhaut bedeckt, mit Ausnahme der Narbe, und mit Spaltöffnungen versehen. Bei den gefärbten Blumenblättern enthält die Oberhaut oft warzig vorspringende Zellen und einen gefärbten Zellsaft. Die weiße Farbe entsteht durch den Luftgehalt der Zellen. Bei den Staubgefäßen entspricht der Staubträger dem Blattstiel, die Staubbeutelfächer den Blattflächen. Der Stempel wird aus sogenannten Fruchtblättern gebildet.

§ 37. Die niederen chlorophyllfreien Pflanzen, die Lagerpflanzen und Moose sind ungleich einfacher gebaut und bestehen nur

aus Zellgewebe, welches nicht von Gefäßen durchzogen wird. Bei den Pilzen und Algen und den niedrigsten Cryptogamen überhaupt besitzt der ganze Pflanzenkörper eine gleichmäßige Bildung und wächst gleichmäßig nach allen Seiten; er wird auch Lager oder Thallus genannt. Die Fortpflanzung und Vermehrung derselben erfolgt durch Sporen oder Keimkörner, d. s. einfache Zellen, denen die Fähigkeit zukommt sich wieder zu derselben Pflanzenform zu entwickeln, sobald sie auf eine geeignete Unterlage gelangen, und die äußeren Verhältnisse, Wärme und Feuchtigkeit, günstig sind. Die Sporen bilden sich zumeist in besonderen Früchten, den Sporangien, aus, kommen aber auch frei in der Körpermasse vor. Die Schwärmsporen, Zoosporen können durch eigenartige Wimpern, welche an ihnen vorhanden sind, leicht bewegt werden.

Die niederen Pflanzen werden auch Zellpflanzen im Gegensatz zu den Gefäßpflanzen genannt. Ihr Thallus kann strauchartig, blattartig, fadenförmig, fleischig, knorpelig u. s. w. sein. Gewöhnlich besteht er aus einer Anhäufung von Zellen, er kann aber auch nur aus einer Zelle bestehen. Außer den Zoosporen finden sich auch noch andere umherschwärmende Körper, die aber nicht ohne Weiteres keimfähig sind. Sie werden Schwärmkörper oder Antherocoïda genannt und dienen wie die Pollenkörner zur Befruchtung, wenn sie auf eine zu diesem Zwecke besonders vorbereitete Zelle treffen.

4. Kapitel. **Die Stoffbildung der Pflanze.**

§ 38. Der Pflanze kommt die Fähigkeit zu, die unorganischen Verbindungen aufzunehmen und sie in organische Stoffe zu verwandeln, sie vermag aus unorganischen organische Substanzen zu erzeugen und somit das Thierleben auf der Erde zu vermitteln. Das Organ, in dem diese wichtigsten Vorgänge verlaufen, ist die grüne, chlorophyllhaltige Zelle. Viele organische Verbindungen bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, sie können als aus Kohlensäure, CO_2 und Wasser H_2O bestehend gedacht werden, und ihre Bildung kann in der grünen Pflanzenzelle aus Wasser und Kohlensäure erfolgen:

$$6\ CO_2 + 5\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + 12\ O.$$

Kohlensäure. Wasser. Stärkemehl. Sauerstoff.

Der dabei verlaufende chemische Prozeß ist eine Reduktion und die Sauerstoffausscheidung das wahrnehmbare Merkmal, daß in der That solche Vorgänge in den Pflanzen verlaufen. Die Umwandlung von einfachen mineralischen Verbindungen in zusammengesetzte organische innerhalb der Pflanzenzelle heißt Assimilation. Chlorophyllfreie Pflanzen und Pflanzentheile vermögen nicht sich die organischen Substanzen selbst zu beschaffen und unorganische in derartige umzuwandeln. Sie leben nur von bereits gebildeten organischen Stoffen.

Auf nackten und kahlen Felsen, auf Eisenbahnschienen, reinem Quarzsand und anderer kohlenstofffreier Umgebung siedeln sich niedere Pflanzen, Flechten und Moose an und produciren mit ihrem Körper eine kohlenstofffreie Substanz. In reinem Quarzsand und Wasser, denen man die Mineral-

bestandtheile des Pflanzenkörpers zusetzt, entwickeln sich üppige Pflanzen und häufen in ihrem Körper Kohlenstoff an, für den es keine andere Quelle als die Kohlensäure der Luft und des Wassers gibt. In den grünen Zellen wird diese zerlegt, der Sauerstoff wird ausgeschieden und der Kohlenstoff zur Bildung von Holz u. s. w. verbraucht. Ab und zu kann der grüne Farbstoff in den Zellen durch andere Farben gedeckt werden, so daß Mischfarben entstehen. Bei den Blutbuchen und anderen roth gefärbten Pflanzen ist die grüne Farbe der Zelle durch einen rothen Zellsaft fast ganz verdeckt, sie kann aber trotzdem mit Hülfe verschiedener Lösungsmittel darin erkannt und festgestellt werden. Pilze und ähnliche niedere Pflanzen enthalten kein Chlorophyll und können daher auch keine Kohlensäure zerlegen und organische Substanz produciren. Die chlorophyllhaltigen Zellen selbst können groß oder klein sein und ganz beliebige Formen annehmen.

§ 39. Als fundamentale Bedingungen für die Bildung von organischer Substanz in den grünen chlorophyllhaltigen Zellen sind: die Anwesenheit der Rohstoffe in denselben, im einfachsten gedachten Falle Kohlensäure und Wasser, eine bestimmte Temperatur und das Sonnenlicht anzusehen und erkannt worden. Als Kraftquelle dient das Licht, es leistet die zur Erzeugung von organischer Substanz nothwendige chemische Arbeit und spielt eine hervorragende Rolle bei dem Assimilationsvorgang.

Außer dem Apparat, der chlorophyllhaltigen Pflanzenzelle, ist zur Bildung von organischen Stoffen durch Reduktion von Kohlensäure und Wasser selbstverständlich auch das letztgenannte Material nothwendig. Dieses muß aber in geeigneter Menge und Concentration zugegen sein. Die producirende Zelle muß ein ziemlich wasserreiches Protoplasma besitzen (bis zur Steifheit getrocknete Blätter sind unfähig zu assimiliren) und die Kohlensäure muß mit anderen Gasen, mit Luft, verdünnt sein. In reiner Kohlensäure erfolgt der gedachte Vorgang viel langsamer. Sinkt die Temperatur unter eine bestimmte Grenze, die aber noch immer höher ist als die, bei welcher der Zellsaft in Eis übergeht, so kann sich in der Zelle kein Reduktionsvorgang vollziehen; dasselbe ist auch der Fall, wenn die Wärme zu sehr steigt und nahezu an die Tödtungstemperatur grenzt. Ein bestimmtes mittleres Maß von Wärme ist für jede Produktion nothwendig, ohne daß sie für die verschiedenen Apparate gleichartig wäre. Indem die Lichtstrahlen in die grünen Zellen einfallen und sie mehr oder weniger durchleuchten, veranlassen sie die Umwandlung der darin befindlichen unorganischen Verbindungen zu organischen und bewirken die Reduktion der hoch oxydirten Bestandtheile, in Folge deren eine Sauerstoffausscheidung erfolgt, die wiederum den Belichtungsintensitäten proportional ist. Experimentell läßt sich dies beweisen, wenn man grüne Gewächse unter Wasser in einen Glastrichter bringt und die Sonne darauf einwirken läßt. Die aufsteigenden Sauerstoffblasen kann man leicht durch einen Gummischlauch ableiten und unter Wasser auffangen. Im Schatten und da wo die Lichtstrahlen nicht direkt einwirken können, bleibt die Entwicklung der Gewächse eine dürftige, und die Pflanzen suchen immer ihre Blätter so zu stellen, daß sie möglichst senkrecht von den Sonnenstrahlen getroffen werden. Durch die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen wird die Zusammensetzung der

Luft gleichmäßig erhalten und das Leben der Thiere ermöglicht, welche entgegengesetzt der Pflanze Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausathmen.

§ 40. Die Bildung von organischer Substanz aus Kohlensäure und Wasser ist eine chemische Arbeit; die Kraft, welche diese Arbeit leistet, ist das Licht, und besonders die Strahlengattung, welche in den weniger brechbaren Theilen des leuchtenden Spectrums liegt. Die unmittelbar in der grünen Zelle aus Kohlensäure und Wasser entstandene organische Substanz ist gewöhnlich das Stärkemehl, welches sich in den Chlorophyllkörnern eingelagert zeigt. Ab und zu auch fettes Oel oder Zucker. Außerhalb der Pflanzenzelle ist das Chlorophyll, welches rein gewonnen werden kann, unfähig aus unorganischen Stoffen organische zu erzeugen.

Das weiße Sonnenlicht ist nicht einfach, sondern aus vielen verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zusammengesetzt, in die es durch das Prisma zerlegt wird. Unter diesen unterscheidet man gewöhnlich sieben Hauptfarben, die sogenannten Regenbogenfarben, deren äußerste Grenzen Roth und Violett bilden, über die hinaus aber noch andere Strahlengattungen liegen. Die verschiedenen Farben unterscheiden sich, wie die verschiedenen Töne in der Musik, durch ihre verschiedenen Schwingungszahlen und die davon abhängige Wellenlänge. Das rothe Licht hat die größte Wellenlänge und die kleinste Schwingungszahl, das violette verhält sich entgegengesetzt. Bei dem Uebergange in ein anderes Medium erleiden die Lichtstrahlen zumeist eine Richtungsveränderung, sie werden gebrochen und zwar werden die violetten Lichtwellen am meisten, die rothen am wenigsten von ihrem Wege abgelenkt. Die dazwischen liegenden Strahlen zeigen ein mittleres Verhalten. Die brechbarsten Strahlen, die violetten und ultravioletten (d. h. die noch jenseits der violetten liegenden), bedingen besonders die chemischen Wirkungen des Lichtes, z. B. die Reduktion und das Schwarzwerden der Silbersalze, die Umwandlung des gewöhnlichen in rothen Phosphor, die Verbindung des Chlors und des Wasserstoffes zu Salzsäure. Die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit rufen besonders die Lichtempfindung hervor und die wenigst brechbaren Strahlen des sichtbaren Spectrums, die rothen und die noch weniger brechbaren darüber hinaus liegenden unsichtbaren, die ultrarothen, die kräftigste Wärmewirkung. Für die Sauerstoffabscheidung und die Erzeugung von organischer Substanz sind die chemischen Strahlen (die violetten) entbehrlich. Mit Hülfe von gefärbten Gläsern, unter denen grüne Pflanzen dem Licht ausgesetzt worden, ist dieses experimentell bestätigt. Außer dem Stärkemehl können in den chlorophyllhaltigen Zellen auch noch andere Kohlenhydrate und andere organische Verbindungen entstehen, die noch reducirter sind und deren Sauerstoffgehalt nicht mehr genügt, um mit dem vorhandenen Wasserstoff Wasser zu bilden. Diese können sowohl secundären Prozessen ihre Entstehung verdanken, sie können aber auch direkte Assimilationsprodukte der Pflanzenzelle sein.

§ 41. Zur vollkommenen Ausbildung einer chlorophyllhaltigen Zelle bezüglich des Chlorophylls bedarf es einer bestimmten, nicht allzu niedrigen Temperatur und der Einwirkung des Lichtes. Die bei Ausschluß des Lichtes erzogenen Pflanzen erscheinen weißgelb; sie sind gewöhnlich lang und spindelförmig entwickelt, besitzen sehr kleine Blätter und werden als bleichsüchtig (etiolirt) oder als vergeilt be-

zeichnet. Ihr Gesammteindruck hat viel Uebereinstimmendes mit demjenigen eines hungernden Thieres.

Das Plasma einer jungen, später grün werdenden Zelle ist in der Anlage der letztern farblos, und erst unter der Einwirkung des Lichtes bildet es sich zu grünen Chlorophyllkörnern um. Nur in sehr seltenen Fällen findet auch bei Lichtabschluß ein Begrünen des Protoplasmas, z. B. in den Keimblättern von Thuja und Pinus statt. Im Allgemeinen ist dazu ein ziemlich starkes Licht nothwendig. Die farblosen Kartoffelkeime, die Steckrüben, Gras unter Steinen und Stämmen, Kartoffeln, die mit der Oberfläche dem Licht ausgesetzt waren, sind bekannte Beispiele für den Einfluß desselben auf die Chlorophyllbildung. Wie die Bildung jeder organischen Substanz nicht ohne Wärme erfolgen kann, so ist auch bei derjenigen des Pflanzengrüns eine bestimmte mittlere Temperatur nöthig. Auch dabei geht die lebendige Kraft der Sonnenstrahlen in chemische Spannkräfte über und es wird mit der organischen Substanz ein Kraftvorrath geschaffen.

Ueberhaupt erscheint die Wärme als eine lebendige Kraft, als eine Form der Alles durchdringenden, bewegenden und gestaltenden Kraft des Weltalls, welche im Kreislauf der Natur bald in dieser, bald in einer andern Form die todte Materie ergreifend, sie zur Bewegung, zum Leben weckt. Nichts kann von dieser Kraft verloren gehen, aber da sie in der Form von Wärme stets nur von den wärmeren Körpern auf die umgebenden kälteren übergeht, niemals aber von selbst umgekehrt, so befindet sie sich im Zustande beständiger Zerstreuung und treibt, wie alle Wärmebewegung unter den Körpern zur Temperaturausgleichung, wenn auch langsam, doch unaufhaltsam einem Gleichgewichtszustande zu, in welchem ihre Arbeitsfähigkeit unterzugehen droht. In diesem Streben nach Gleichgewicht durchströmt sie die Materie und schafft in rastloser Wanderung und Wandelung durch die Körperwelt, im Binden und Lösen, im Gestalten und Zerstören, auf unendlich verschlungenen Wegen die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche das Leben der Welt ausmachen. Kein Zweifel, daß die Erde durch unausgesetzte Strahlung in den Weltraum fortwährend an Lebenskraft einbüßt, aber die Sonne, das ungeheure Kraftmagazin unseres Planetensystems, ersetzt den Verlust ebenso rasch wieder. Mit jedem Sonnenstrahl fällt ein Kraftmoment auf die Erde und tritt in den Kreislauf ihres Lebens ein; mag er nun belebend den Menschen oder das Thier treffen, mag er unmittelbar oder mittelbar im Durchwärmen des Bodens der Pflanze zu gute kommen, und in ihr die Atome des Kohlenstoffs und Sauerstoffs aus der Verbindung der Kohlensäure lösen, um sie der Thierwelt zur Erzeugung der Körperwärme und Muskelkraft zur Verfügung zu stellen, mag er wärmend die Luft emporheben und als Wind und Sturm über Land und Meer jagen, oder mag er das Wasser des Oceans, der Seen und Flüsse verdunsten und zu Wolken sammeln, aus denen es wieder als befruchtender Regen niederfällt, die Erde durchtränkt, aus dem Felsen hervorsprudelt, als Bach von den Bergen stürzt und auf diese Weise den Erdbewohnern nutzbare Arbeit leistet — in jeglicher Form wird die Wärme und das Licht des Sonnenstrahls zu einem Quell der Bewegung und des Lebens. Aber wenn uns auch dieser volle freudige Pulsschlag einer ewig jungen Natur nicht im Entferntesten zu mahnen scheint an Tod und Erstarrung, einst muß doch der Tag kommen, wo diese drängenden und treibenden Kräfte das erreicht haben, wonach sie

täglich streben, dem sie täglich näher kommen, das endliche Gleichgewicht; dann wird die Sonne erloschen, ihr Kraftvorrath erschöpft sein, und die Erde liegt kalt und todt, ihr Leben ist erstorben, und in der gleichmäßigen Temperatur, welche die ganze Welt beherrscht, findet keiner ihrer Theile mehr die Kraft zur Erweckung und Erhaltung des organischen Lebens.

§ 42. Die in den grünen Zellen gebildeten organischen Stoffe vermögen die Zellwand und die daran lagernden Plasmaschichten (Primordialschlauch), Figur 10, zu durchdringen, von einer Zelle zur andern zu wandern und in die äußersten Organe der Pflanzen zu gelangen. Bei dieser Wanderung betheiligt sich besonders die Stärke, die vorübergehend in einen im Zellsaft löslichen Körper verwandelt wird. In der Form von Stärkemehl ist sie unfähig die Zellwand zu durchdringen. Innerhalb der lebenden Pflanzen kömmt der erzeugten, ursprünglichen organischen Substanz eine bedeutende Umwandlungsfähigkeit zu und sie geht in verschiedene andere Verbindungen über, die zur Bildung neuer Organe verbraucht werden. Auch werden sie, wenn keine Verwendung zu Neubildungen da ist, als Reservesubstanzen in den Früchten, Samen und Knollen (Stärke, Zucker, Oel) abgelagert, um künftigen neuen Pflanzen als erste Nahrung zu dienen.

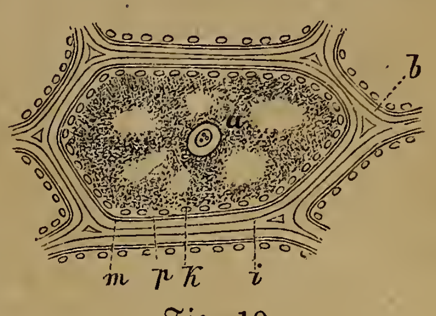


Fig. 10.

Das Stärkemehl, das direkte Assimilationsprodukt der chlorophyllhaltigen Zelle, findet sich zahlreich in anderen Pflanzenorganen, den Kartoffelknollen, dem Mark der Sagopalmen, den Getreidefrüchten u. A. und muß, um dahin gelangt zu sein, eine Wanderung überstanden haben. Diese Wanderung kann nur, da die Stärkemehlkörner die Zellwand nicht durchbohren können, stattfinden, wenn es durch die protoplasmatischen Flüssigkeiten gelöst worden ist. Diese Lösung ist mit einer chemischen Umänderung verbunden, wahrscheinlich entsteht ein zuckerartiger Stoff, und die Flüssigkeit, welche von Zelle zu Zelle wandert, enthält kein Stärkmehl als solches gelöst. (Jod färbt sie nicht blau.) In den Reservestoffbehältern sammelt sich die Stärke als solche wieder an, wenn sie nicht vorher im gelösten Zustand zur Bildung von Zellstoff, der dieselbe Zusammensetzung wie sie hat, umgewandelt worden ist. Die Bildung neuer Zellen, bezüglich deren Wände, die aus Zellstoff bestehen, erfolgt hauptsächlich auf Kosten des Stärkemehls.

Weitere Beweise für die Umwandlungsfähigkeit der einzelnen organischen Substanzen in einander liefern die Keimungsvorgänge. Bei der Keimung des Maises erfolgt eine experimentell nachweisbare Vermehrung der zuckerartigen Stoffe und des Zellstoffes, während die Stärke und das fette Oel in dem keimenden Samen fast ganz verschwindet. Bei der Keimung der ölreichen Kürbissamen wird das Oel, der einzige darin enthaltene Reservestoff, in Zucker, Gummi, Zellstoff und Stärke umgewandelt.

§ 43. Außer dem Sauerstoff, den die Pflanze in gebundener Form mit ihren Nahrungsmitteln aufnimmt, bedarf sie zur Erhaltung ihres Lebens auch noch der Aufnahme des freien Sauerstoffes. Mit

dieser ist die Ausscheidung von Kohlensäure verbunden und die Pflanze unterhält einen Athmungsprozeß, der jenem der Thiere ähnlich ist. Die Sauerstoffaufnahme steht zur Kohlensäureausscheidung in einem einfachen Verhältniß (1 : 1), wenn in den athmenden Organen keine Stoffumwandlungen vor sich gehen. Am lebhaftesten erfolgt die Athmung in denjenigen Pflanzentheilen, in welchen besonders bemerkbare Lebensvorgänge verlaufen, wie Keimung, Knospung u. A. Auch die Blüthen zeigen energische Athmungserscheinungen.

Neben der Aufnahme von Kohlensäure und Ausscheidung des Sauerstoffes unterhalten die Pflanzen noch einen andern Gasaustausch, der in der direkten Aufnahme des freien Sauerstoffes der Luft und der Abgabe von, in dem Körper entstandener, Kohlensäure besteht. Entzieht man der Pflanze dauernd den Sauerstoff, indem man sie in eine Wasserstoff- oder Stickstoffumgebung bringt, so stirbt sie den Erstickungstod, zunächst weil die Bewegung des Plasmas in den Zellen nur bei der Gegenwart von Sauerstoff erfolgen kann. Auch hat man beobachtet, daß bei der Bewegung des Plasmas Kohlensäure entsteht und Wärme entbunden wird, wie Solches bei der thierischen Athmung ebenfalls geschieht. Experimentelle Beweise dafür, daß die Pflanze Sauerstoff bedarf, findet man darin, daß Samen nicht keimen, wenn sie in ausgekochtes, luftfreies Wasser gebracht werden und erneuter Luftzutritt abgehalten wird; ferner, daß Blumen- und Blattknospen sich nicht weiter entwickeln und schließlich zu Grunde gehen, wenn sie vom Sauerstoff abgeschlossen sind. Die Ausscheidung von Kohlensäure ist die Folge der Verbrennung oder Oxydation irgend eines Kohlehydrates durch den eingedrungenen freien Sauerstoff. Es geht damit also eine Stoffverminderung Hand in Hand, gerade so wie bei der Erzeugung von organischer Substanz eine Stoffvermehrung erfolgt. Die Produktion und die damit zusammenhängende Sauerstoffausscheidung erfolgt aber mit viel größerer Intensität, und 6 Stunden eines täglichen mäßigen Lichtes genügen, um einer 24stündigen Athmung wirksam entgegenzutreten. Die in Folge der Athmung entstehende Wärme kann an den Pflanzen nachgewiesen werden. In der Blume des Arons steigt die Temperatur während der Blüthe bedeutend über die der Luft.

5. Kapitel. **Die organischen Bestandtheile der Pflanze und ihre Erzeugung.**

§ **44.** Von den jetzt bekannten Elementen oder Grundstoffen kommen im Pflanzenkörper nur einige 20 vor. Seiner Hauptmasse nach besteht er aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, welche nach ihren verschiedenen Vereinigungsarten die große Menge der organischen oder verbrennlichen Bestandtheile bilden, aus denen der Pflanzenkörper vorherrschend zusammengesetzt ist. Nicht alle organischen Stoffe enthalten aber diese vier Elemente, häufig fehlt ihnen der Stickstoff, und manche bestehen auch nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Andere enthalten neben den vier Elementen noch Schwefel, und auch Spuren anderer Körper können darin vorkommen. In ungleich geringerer Menge treten die unorganischen Stoffe, die Aschenbestandtheile in dem pflanzlichen Organismus auf. Je nachdem die

organischen Verbindungen Stickstoff enthalten oder nicht, theilt man sie ein in stickstoffhaltige und stickstofffreie.

Zu den letzteren gehören die sogenannten Kohlehydrate, die Farbstoffe, die Fette, Harze und Oele und die organischen Säuren. Zu den stickstoffhaltigen gehören: die Eiweißstoffe, die Fermente und die Pflanzenalkaloide.

Die Kohlehydrate bilden den größten Theil des Pflanzenkörpers. Sie verdanken ihren Namen dem Verhältniß, in dem ihre Bestandtheile zu einander stehen, und können auch aufgefaßt werden als Kohle und Wasser. Nach ihrer Zusammensetzung zerfallen sie in drei Gruppen, in eine von der Formel: $C_6H_{10}O_5$, die Stärke, Cellulose, Inulin, Lichenin und Gummi umfaßt; in eine zweite von der Formel $C_6H_{12}O_6$, welcher Fruchtzucker, Traubenzucker und das Sorbin angehören, in eine dritte von der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$, zu der der Rohrzucker, die Melizitose und Melitose zählt. Trotz ihrer Verschiedenheit sind sie also nahezu gleichmäßig zusammengesetzt.

§ 45. Der Zellstoff, Cellulose oder Rohfaser $C_6H_{10}O_5$ kömmt in den Pflanzen am verbreitetsten und in größter Menge vor. Er bildet die Substanz der Zellwand, ist gewissermaßen das Gerüst der Pflanze und wird durch verschiedene eingelagerte Stoffe verunreinigt (inkrustirt); im Holz wird er Holzfaser, im Mark Medullin, in den Schwämmen Fungin genannt. Er ist in Wasser, Säuren und alkalischen Lösungen, sowie in Alkohol und anderen Lösungsmitteln unlöslich, wird aber von Kupferoxyd-Ammoniak aufgenommen. Die Erzeugung von Zellstoff geht mit der Bildung der Zellen Hand in Hand.

Die Holzstofferzeugung beruht auf einer Verdickung der Zellwände durch Einlagerung von Cellulose; mit der Verholzung verschwindet der Inhalt der Zellen. Daraus ergibt sich für die Pflanzenkultur: daß Alles, was die Entleerung der verholzenden Gewebselemente beschleunigt, die Verholzung und die Holzreife befördert, und Alles, was dazu beiträgt, den flüssigen Inhalt der Zellen zu erhalten, dieselbe verzögert.

Je mehr und je stärker die Pflanze Wasser durch ihre Blätter und Organe verdunstet, und je weniger dasselbe aus dem Boden ersetzt werden kann, um so schneller wird Verholzung eintreten. Vereinzelung des Standes, so daß Luft und Licht auch trocknend auf den Boden einwirken können, befördern dieselbe. Bei der Obstkultur beschleunigt man die Holzreife der jüngsten Zweige, d. h. deren Verholzung durch Wegnehmen der Blätter. Bleiben die Zellen und Gefäße mit Flüssigkeit erfüllt, so erfrieren sie leicht. Bei den Korbweiden ist eine langsame Verholzung die Bedingung zur Erzielung guter Ruthen. Die Weiden müssen daher feucht stehen und so dicht, daß sie sich gegenseitig beschatten. Ein zu schnelles Verholzen macht sie starr. Spargeltriebe müssen dem Licht entzogen werden, damit sie nicht verholzen. Aus demselben Grund müssen die Salatköpfe und Kohlköpfe geschlossen bleiben.

Der Zellstoff ist der wesentliche Bestandtheil der Leinwand, der Baumwolle, des Papiers u. s. w. und die Gewinnung der spinnbaren Fasern beruht auf seiner Reindarstellung. — Trotz seiner Widerstandsfähigkeit gegen alle Lösungsmittel ist der Zellstoff für die Thiere nicht völlig unverdaulich.

Die Kartoffeln enthalten 1,1, der Weizen 3,0, die Gerste 8,0, Wiesenheu 34,0, Haferstroh 40,0 und Roggenstroh 54 %.

§ 46. Das Stärkemehl, Amylum, Stärke, Granulose, $C_6H_{10}O_5$ bildet entweder einzelne Körner, einfache Stärke, oder ganze Körnergruppen, zusammengesetzte Stärke. An Gestalt und Größe sind die einzelnen Stärkekörner in den verschiedenen Pflanzen verschieden und vielfach für dieselben charakteristisch. Figur 11 zeigt derartige Körner; a in den Chlorophyllkörnern und in den Möhren, b im Weizenkorn, c im Haferkorn, d im Maiskorn, e im Hirsekorn, f im Haidekorn, g im Bohnensamen, h in der Kartoffel. In den einzelnen Stärkekörnern sind zwei verschiedene chemische Substanzen enthalten, von denen die eine Granulose genannt wird, während man die andere der Cellulose gleichstellt und sie auch mit diesem Namen bezeichnet. In der Form, wie die Stärke in den Pflanzen abgelagert wird, zeigt sie eine verschiedene Schichtung, die deutlich die allmählige Zunahme erkennen läßt. Nur die kleinsten Körner, wie sie in dem Chlorophyll eingebettet sind, lassen eine solche noch nicht wahrnehmen. Die Stärke widersteht den gewöhnlichsten Lösungsmitteln und quillt, mit heißem Wasser behandelt, nur auf, ohne sich zu lösen (Kleister). Jod färbt sie intensiv blau. Durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren, durch den zuckerbildenden Stoff der gekeimten Gerste, die Diastase, und durch Verdauungssäfte des Thierkörpers wird sie in den Traubenzucker umgewandelt. Dabei tritt das Dextrin, eine eigenthümliche Gummiart, als Zwischenprodukt auf. Durch einfaches Erwärmen auf 160° kann das Stärkemehl ebenfalls in Dextrin verwandelt werden. Die erwähnten Eigenschaften kommen nur der Granulose zu.



Fig. 11.

In dem Pflanzenreich ist die Stärke ganz allgemein verbreitet und in manchen Pflanzenorganen häuft sie sich massenhaft an. Eine solche Aufspeicherung der Stärke in Samen, Früchten und Knollen interessirt besonders den Landwirth und seine technischen Maßnahmen bei der Cultur des Getreides, der Kartoffeln u. s. w. sind darauf gerichtet dieselbe zu erhöhen. Durchschnittlich enthält der

Weizen	52—59 Prozent.	Buchweizen	44—46 Prozent.
Roggen	45—59 „	Linsen	40 „

Gerste	38—57	Prozent.	Erbsen	32—39	Prozent.
Mais	64—67	„	Kartoffeln	15—23	„
Reis	62—86	„	Rapssamen	8,6 —	„

Das Inulin der Georginenwurzeln und das Lichnin oder die Moosstärke verschiedener Flechten sind zwei Stärkesorten, die etwas abweichende Eigenschaften besitzen. Das Inulin ist in Wasser löslich. Das Dextrin wird selten in lebenden Pflanzen gefunden; es tritt aber bei der Keimung auf und ist auch da als eine Uebergangsstufe zwischen Stärke und Zucker zu betrachten.

Das Gummi ist ein sehr allgemein verbreiteter Pflanzenbestandtheil, der sich im Wasser löst. Es tritt nicht nur im Zellstoff gelöst auf, sondern auch als Ausscheidung an der Oberfläche der Pflanzen, vermengt mit andern Stoffen, die es theilweise unlöslich machen. Am bekanntesten ist das arabische Gummi.

Der sogenannte Pflanzenschleim oder schleimgebendes Gewebe ist eine Modifikation des Zellstoffes, die im feuchten Zustande stark aufquillt und sich in Wasser völlig vertheilt, im trockenen Zustande aber hornartig ist. In den Oberhautzellen der Lein-, Quitten- und Kleesamen ist die genannte Substanz reichlich vertreten.

Das Gummi ist ebenfalls ein Umwandlungsprodukt des Zellstoffes und auch der Stärke. Tritt es in größeren Mengen auf, so wird es von der Pflanze ausgeschwitzt. In verschiedenen Gummiarten des Handels finden sich Zellhäute, die den Uebergang in arabisches Gummi deutlich erkennen lassen.

§ 47. Der Rohrzucker $C_{12}H_{22}O_{11}$ findet sich besonders in dem Saft des Zuckerrohrs, der Zuckerrüben, des Zuckerahorns und der Zuckermoorhirse. Er ist stets nur Reservestoff und niemals ein direktes Assimilationsprodukt. Durch seine Löslichkeit, seine Krystallisirbarkeit und seinen Geschmack ist er leicht zu erkennen. Melizitose und Melitose haben dieselbe Zusammensetzung wie der Rohrzucker, treten aber nur sehr spärlich im Pflanzenreich auf.

Wichtiger dagegen und ungleich verbreiteter als die erwähnten Zuckerarten sind für das Pflanzenleben der Traubenzucker und der Fruchtzucker, die beide die Formel $C_6H_{12}O_6$ besitzen und vereinigt den Namen Glykose führen. Sie treten in allen süßen Früchten in großer Menge auf und sind direkt gährungsfähig, d. h. sie zerlegen sich unmittelbar, unter sonst geeigneten Verhältnissen, in Kohlensäure und Alkohol.

Das Sorbin hat dieselbe Zusammensetzung wie der Frucht- und Traubenzucker und findet sich im Safte der Vogelbeeren. Der Mannit $C_6H_{14}O_6$ findet sich in dem ausgeschwitzten Safte einiger Fraxinusarten, in der Sellerie und einigen Pilzen und Algen. Die Farbstoffe, Chlorophyll, Blattgelb, Blattroth u. a. sind noch wenig bekannt. Die Bildung der Blüthenfarbstoffe ist vom Licht unabhängig.

§ 48. Die Fette und Oele, wie sie in dem Thierkörper und den Pflanzensamen vorkommen, kann man auffassen als salzartige Körper, welche aus verschiedenen Säuren und Glycerin bestehen. Das Glycerin oder Oelsüß vertritt dabei die Stelle des Metalles oder der Basis. Die Säuren, welche damit in den Oelen verbunden sind, nennt man kurzweg feste Fettsäuren, die wichtigsten sind die Stearinsäure, die Palmitinsäure und die Oelsäuren. In den festen Fetten,

wie Hammelfett und Rindsfett, die gewöhnlich auch als Talg bezeichnet werden, kommen hauptsächlich die beiden ersten Fettsäuren vor; in den flüssigen Fetten, dem Thran und den Oelen sind besonders Oelsäuren enthalten; die weichen Fette, die sog. Schmalzarten enthalten von beiden nahezu gleichviel. Außer diesen genannten Fettsäuren kommen aber noch mehrere vor, die ebenfalls in den Fetten auftreten und mit dem Glycerin verbunden sind. Die Fette sind bedeutend ärmer an Sauerstoff als die Kohlehydrate; sie sind in heißem Alkohol, leichter in Aether, Benzin und Schwefelkohlenstoff löslich. Unzersetzt sind sie nicht flüchtig, auf Papier hinterlassen sie einen Fettfleck und durch Alkalien werden sie verseift. In dem Pflanzenkörper spielen die Fette dieselbe Rolle wie einige Kohlehydrate und vorzüglich wie der Rohrzucker; sie dienen als Reservestoffe und treten besonders massenhaft in den Samen verschiedener Pflanzen auf, seltener in dem Fruchtfleisch. Das Olivenöl und das Palmöl werden aus den Früchten und den grünen Samenhüllen jener Pflanzen gewonnen.

In einigen wichtigeren Culturpflanzen sind folgende Mengen von Fett gefunden worden:

Klee (grün)	0,7 %	Haferkörner	1,6 %
Kohl	0,4 „	Maiskörner	7,0 „
Wiesenheu	2,5 „	Erbsen	3,0 „
Kleeheu	3,0 „	Weizenkleie	1,5 „
Weizenstroh	1,5 „	Weizenkörner	1,6 „
Haferstroh	2,0 „	Leinsamen	34,0 „
Kartoffel	0,3 „	Rapssamen	45,0 „

Die Wachsarten schließen sich an die Fette an. Wie jene bestehen sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Sie enthalten kein Glycerin, sondern weit sauerstoffärmere basische Körper, die dessen Stelle vertreten. Im Pflanzenreich sind sie verbreitet, treten aber zumeist nur in geringen Mengen auf. Die dünnen bläulichen Ueberzüge an manchen Früchten und den sogenannten bereiften Pflanzen bestehen daraus. Sie treten aber auch als Zellinhalt auf. Immer sind sie viel sauerstoffärmer als die Fette.

Die Harze kommen in ihrer Zusammensetzung den Fetten ebenfalls nahe; sie entstehen durch Umbildung verschiedener anderer Substanzen, sammeln sich in erweiterten Intercellularräumen an und quellen an geeigneten Stellen heraus. Es sind niemals Baustoffe der Pflanze, sondern gewissermaßen Excrete derselben.

Die Kautschukkörper finden sich in den Milchsaftgefäßen und bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Auch sie werden als Auswurfsstoffe angesehen.

Die ätherischen flüchtigen Oele sind in den Blüthen, Samen und Blättern enthalten, sie bedingen die eigenthümlichen Gerüche der Pflanzen und besitzen eine große Verbreitung. In dem Zellsaft treten sie als kleine schwimmende Bläschen auf, in den Intercellulargängen als größere Flüssigkeitsmassen. Manche von ihnen wie das Terpentinöl, Citronenöl, Bergamottöl, Rosenöl u. a. bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, andere wie das Anisöl, Kümmelöl, Rosmarinöl, Nelkenöl u. d. g. aus Kohlenstoff, Wasser-

stoff und Sauerstoff, und manche enthalten auch Stickstoff und Schwefel wie das Senföl. Zu den festen ätherischen Oelen rechnet man die Kampherarten und das Cumarin, das dem Waldmeister, den Toncabohnen und dem Heu den aromatischen Geruch verleiht.

§ 49. Die Glucoside, auch wohl gepaarte Zuckerarten, sind gegenüber dem oben erwähnten Bestandtheile des Pflanzenkörpers chemisch wohl charakterisirte Verbindungen; sie können unter Wasseraufnahme in Zucker und einen anderen Körper gespalten werden. Im Pflanzenreich sind sie sehr verbreitet. So tritt in der Weidenrinde das Salicin auf, welches sich unter Einwirkung von Fermenten in Saligenin und Zucker spaltet:

$$C_{13}H_{18}O_7 + H_2O = C_7H_8O_2 + C_6H_{12}O_6$$

Salicin Wasser Saligenin Fruchtzucker.

In ähnlicher Weise zerfällt das Populin der Espe in Salicin und Benzoësäure, das Phlorridzin in der Wurzelrinde der Obstbäume in Phloredin und Zucker, das Aesculin in der Rinde der Roßkastanie in Aesculetin und Zucker u. s. w. Die Glucoside sind wegen ihrer Spaltbarkeit für das Leben der Pflanze von Wichtigkeit, und manche Verbindungen dürften aus ihnen hervorgehen.

Eine weit verbreitete Gruppe derselben sind die Gerbstoffe oder Gerbsäuren. Es sind feste, theils krystallisirbare, theils amorphe, geruchlose Körper von stark zusammenziehendem Geschmack, denen die Fähigkeit zukommt, thierische Haut in Leder zu verwandeln und die in Zucker und ein ihnen nahestehendes Produkt gespalten werden können. Der verbreitetste Gerbstoff, das Tannin $C_{34}H_{28}O_{22}$ zerfällt in Digallussäure, $C_{14}H_{10}O_9$, und Glykose und durch weiteren Wasserzutritt in Gallussäure. Außer der Galläpfelgerbsäure oder dem Tannin sind noch die Moringerbsäure und die Kaffeegerbsäure bekannter. Mit Eisenoxydsalzen geben sie blauschwarze oder grüne Färbungen (Tinte).

Die Gerbsäuren finden sich besonders in den Rinden der Eichen und den Galläpfeln. Die jüngere dünnere Rinde derselben, die Spiegelborke, ist etwas reicher daran als die älteren Schichten und in den Eichenschälwaldungen werden die Stämme im Alter von 9—15 Jahren geschlagen, um diese Rinde zu gewinnen. Der Gehalt an Gerbsäure schwankt in den Rinden zwischen 10 und 16 Proz. Die rauhen Rinden mit Borke enthalten am wenigsten, die Bastschichten und Glanzrinden am meisten. Die Fichtenrinden enthalten zwischen 5—15 %, die Tannenrinden 4—8 %, die Erlenrinden 3—5 %, die Ulmenrinden 3—4 %, die Buchenrinden 2 %, die Weidenrinden 3—5 %. Die junge Rinde der letzteren wird besonders zum Gerben des Leders verarbeitet, aus dem die dänischen Handschuhe gefertigt werden. In Rußland verarbeitet man die Rinde der Sandweide zur Herstellung der Juchten. — Außerdem kömmt noch der Sumach, ein Strauch südlicher Länder, und die Dividivi, Sförmig gebogene braunrothe Schoten, als gerbsäurereiches Material, in den Handel. In den Galläpfeln steigt der Gerbstoffgehalt bis zu 66 %.

In bestimmten Beziehungen zu den Glucosiden stehen die Pektinstoffe; sie sind hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung den Gerbstoffen

ähnlich, besitzen aber ganz andere Eigenschaften als jene. Sie reagiren theilweise sauer, lassen sich nicht in Zucker überführen und bilden bei dem Einkochen der Pflanzensäfte die sogenannte Gallerte.

§ 50. Die Pflanzensäuren bilden die letzte Gruppe der stickstofffreien Pflanzenbestandtheile. Sie sind ausgezeichnet durch ihren Geschmack, sind ihrer chemischen Natur nach wohl bekannt, enthalten mehr Sauerstoff als die vorhergehenden Verbindungen und kommen meist in der Form von Salzen in den lebenden Gewächsen vor. Man nimmt an, daß sie sekundäre Produkte und durch Umwandlung der Kohlehydrate oder auch der Eiweißkörper entstanden sind. Die verbreitetsten organischen Säuren sind die Oxalsäure, die Aepfelsäure, die Citronensäure und die Weinsäure.

Die Oxalsäure oder Kleesäure, $C_2H_2O_4$, kömmt in den meisten Pflanzen vor, in den Oxalis- und Rumex-Arten und in anderen in großer Menge. Es ist eine starke Säure, die andere Salze zu zersetzen vermag und besonders Salpetersäure aus deren Salzen frei machen soll. Diese würde dann weiter verbraucht werden können. Die Oxalsäure kömmt in wohl ausgebildeten Krystallen, die luftbeständig sind, im Handel vor und wird technisch vielfach gebraucht. Als Zersetzungsprodukt tritt sie sehr häufig auf, fabrikmäßig wird sie durch Glühen von Sägespähnen mit Aetzkali dargestellt. Wie die Oxalsäure zumeist nur gebunden in den Pflanzen vorkömmt, so wird auch die Aepfelsäure fast nur in Verbindung mit Kalk oder Alkalien gefunden. Sie besitzt die Formel $C_4H_6O_5$ und findet sich namentlich in den unreifen Aepfeln und den Vogelbeeren, tritt aber auch in anderen Pflanzen häufig auf. Die Weinsäure $C_4H_6O_6$ und die Citronensäure $C_6H_8O_7$ kommen in reichlicher Menge in den Pflanzen vor, denen sie ihre Namen verdanken. Sie treten aber auch zusammen und im Verein mit der Aepfelsäure in anderen saueren Säften und Beerenfrüchten auf. Stachelbeeren, Johannisbeeren, Preiselbeeren, Heidelbeeren und andere enthalten viel davon.

§ 51. Unter den stickstoffhaltigen organischen Bestandtheilen der Pflanzen nehmen die P r o t e ï n s t o f f e, oder eiweißartigen Verbindungen den ersten Platz ein. Sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, dem sich ab und zu noch etwas Schwefel und Phosphor zugesellt. Es sind farblose, gewöhnlich unkrystallisirbare Verbindungen, die leicht faulen und bei dem Verbrennen einen unangenehmen Geruch, wie er bei demjenigen von Haaren besonders deutlich auftritt, verbreiten. Durch Erhitzen und durch chemische Agentien werden sie leicht aus der löslichen Modification in die unlösliche übergeführt; sie gerinnen. Die geronnenen Eiweißkörper widerstehen allen Lösungsmitteln und gehen nur unter Zersetzungen in andere Zustände über. In den lebenden Pflanzen kommen die Proteïnstoffe, ebenso wie die stickstofffreien Bestandtheile, die Kohlehydrate, als Reservestoffe und als constituirende Bestandtheile des lebenskräftigen Plasmas vor.

Früher wurde in den Eiweißen ein besonderer Stoff, das Proteïn angenommen; eine Annahme, der sie die Bezeichnung Proteïnstoffe verdanken. Die wichtigsten sind: 1) Das Pflanzenalbumin oder Pflanzeneiweiß. Es ist ein Hauptbestandtheil des protoplasmatischen Zellsaftes und tritt überall da

auf, wo Neubildungen stattfinden. Auch in dem Samen ist es in bedeutenden Mengen abgelagert. In Wasser ist es löslich, scheidet sich aber bei 55—75° als flockiges Gerinnsel aus und verhält sich genau wie das Eiweiß der Hühnereier. In 100 Theilen sind enthalten 52,3—54,3 Th. Kohlenstoff, 7,1—7,7 Th. Wasserstoff, 15,5—17,6 Th. Stickstoff, 20,6—23,0 Th. Sauerstoff und 0,8—1,6 Th. Schwefel. Daneben enthält es 2—4 % Asche von wechselnder Zusammensetzung. 2) Das Pflanzenfibrin oder der Pflanzenkleber. Es findet sich besonders in den Getreidefrüchten und besteht aus mehreren eigenartigen Verbindungen, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung kleine Abweichungen zeigen, betreffs ihrer allgemeinen Eigenschaften aber übereinstimmen. 3) Das Pflanzencaseïn. Wie es unter den in den Pflanzen vorkommenden Eiweißarten verschiedene Albumine und Fibrine gibt, so treten auch verschiedene Caseïne auf, unter die auch das Legumin gehört, welches in den Hülsenfrüchten besonders vertreten ist. Es enthält 51,5 % Kohlenstoff, 17,0 % Wasserstoff, 14,7—16,8 % Stickstoff, 24,3—26,4 % Sauerstoff und 0,4—0,5 % Schwefel. Wie verschiedenartig der Gehalt der Culturpflanzen an Proteïnstoffen ist, zeigt folgende Zusammenstellung. Es sind im:

Futtermais (grün)	1,2 %	Buchweizenkörner	7,8 %
Zuckerrübenblätter	1,9 „	Gersten „	10,0 „
Wiesengras	3,1 „	Mais „	10,7 „
Rothen Klee	3,7 „	Roggen „	11,0 „
Turnips (frisch)	1,0 „	Hafer „	12,0 „
Kartoffel (frisch)	2,0 „	Weizen „	13,2 „
Stroh von Sommergetreide	2,0 „	Erbsen	22,4 „
„ „ Winter „	3,0 „	Bohnen	24,1 „
Erbsenstroh	7,3 „	Lupinen	34,5 „ .

Unter den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanzen haben die Proteïnstoffe allein eine große Bedeutung.

Den Proteïnkörpern nahe stehen die pflanzlichen Fermente. Sie besitzen die Fähigkeit, ohne selbst wesentlich verändert zu werden, Spaltungen in den organischen Verbindungen hervorzurufen und scheinen besonders aus den Albuminaten hervorzugehen. Derartige Fermente sind die Synaptase oder das Emulsin, welches das Amygdalin in Zucker, Blausäure und Bittermandelöl zu spalten vermag, die Diastase (Maltin) in den keimenden Getreidekörnern, welche bei geeigneter Temperatur Stärke in Zucker und Dextrin verwandelt, das Myrosin u. a. In den Secreten der sogenannten fleischfressenden Pflanzen sind solche Fermente entdeckt worden.

Ein weitere Gruppe von stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheilen bilden die Alkaloide. Obgleich sie nur in geringer Menge vorhanden sind, bedingen sie doch die medicinischen und giftigen Eigenschaften der betreffenden Gewächse. In der Tollkirsche findet sich das Atropin, in dem Tabak das Nicotin, im Schierling das Coniin, in den Chinarinden das Chinin, in dem Kaffee und Thee das Caffeïn, in dem Opium das Morphium u. s. w. Sie sind theils sauerstoffhaltig, theils sauerstofffrei, theils krystallisirbar, theils nicht und zeigen untereinander erhebliche Abweichungen.

§ 52. In letzter Reihe kann man die Bildung von organischen stickstofffreien Bestandtheilen auf die Verarbeitung von Kohlensäure und Wasser zurückführen. Als direktes Assimilationsprodukt gelten die Stärke und die sie vertretenden Verbindungen. Aus diesen entstehen in Folge von Reduktionsprocessen die Proteïnstoffe, die alle Pflanzen in ihren jugendlichen, der Neubildung fähigen Zellen enthalten. Sie entstehen aus stickstofffreien organischen und stickstoffhaltigen unorganischen Verbindungen.

Der freie Stickstoff der Luft vermag bei der Erzeugung der stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile und also bei der Ernährung der Pflanze nicht mitzuwirken, er kann von derselben nicht assimilirt werden und ist als unwirksam erkannt worden. Ammoniak- und Salpetersäure-Verbindungen liefern fast allein allen Stickstoff, den die Gewächse zum Aufbau ihres Körpers und zur Erzeugung der erwähnten stickstoffhaltigen verbrennbaren Stoffe bedürfen, und nur in seltenen Fällen werden dazu auch andere stickstoffhaltige Verbindungen organischer Natur für jene eintreten. Durch eine Reihe von Vorgängen (§ 8) wird stets unverbundener freier Stickstoff in gebundenen, aufnehmbaren umgewandelt und die Quellen für die Ammoniak- und Salpetersäurebildung fließen ununterbrochen. Umgekehrt wird aber auch bei der Verwesung und Fäulniß der Pflanzen gebundener Stickstoff in freien umgesetzt. Zu einer üppigen Cultur und zu lohnenden Ernten genügen die Quantitäten von Ammoniak und Salpetersäure, welche in dem Boden und der Luft gebildet werden, nicht, und es bedarf der künstlichen Zufuhr derselben, d. h. der Düngung, um dauernd hohe Felderträge zu erzielen.

Die Salpetersäure wird zumeist in Verbindung mit Kalium, Natrium, Ammoniak oder Calcium aufgenommen und zwar ausschließlich durch die Wurzeln. Das Ammoniak wird für die Pflanze verträglich in Verbindung mit Säuren. Als Ammoniumsulfat, Ammoniumnitrat oder Chlorammonium wird es ebenfalls nur durch die Wurzeln in den Pflanzenkörper gelangen, in Verbindung mit Kohlensäure kann es auch durch die Blätter aufgenommen werden.

Die Entstehung der Proteïnstoffe kann man sich folgendermaßen denken:

$$C_{25}H_{50}O_{25} + 6NH_3 = 2C_{12}H_{19}N_3O_4 + 15H_2O + CO_2$$

Glykose Ammoniak Proteïn Wasser Kohlensäure.

Wird statt des Ammoniaks Salpetersäure verbraucht, so tritt eine bedeutendere Reduktion ein und es wird noch mehr Kohlensäure frei.

Daß der freie Stickstoff nicht zur Ernährung der Pflanzen brauchbar ist, ist durch viele Versuche erwiesen. Läßt man Pflanzen unter sonst gleichen günstigen Bedingungen an freier Luft wachsen, entzieht aber den einen allen gebundenen Stickstoff, während den anderen Ammoniak oder Salpetersäure-Verbindungen zur Verfügung stehen, so entwickeln sich die letzteren üppig, während die ersteren entweder zu Grunde gehen oder nur äußerst dürftig, vorwiegend auf Kosten der Samenbestandtheile, vegetiren. Figur 12 zeigt Exemplare von Helianthus argophyllus (Sonnenblume), von denen die zwei großen Exemplare bei Salpeterdüngung, die zwei kleinen im Stickstoffhunger, unter sonst gleichen Bedingungen, cultivirt worden sind. Die Thatsache, daß

der freie Stickstoff nicht als Pflanzennahrung dienen kann, erstreckt sich auch auf die chlorophyllfreien Gewächse.

Die stickstoffhaltigen organischen Stoffe, welche von den Pflanzen verwerthet werden können, und welche also in beschränkter Weise deren Stickstoffbedürfniß zu decken vermögen, sind vorzüglich der Harnstoff, der von Gersten- und Maispflanzen direkt aufgenommen werden kann, die Harnsäure, Hippursäure, das Guanin u. a.

§ 53. Die nachstehende Tabelle giebt einen Ueberblick über die prozentische Zusammensetzung einiger Culturpflanzen und zeigt, innerhalb welcher Grenzen die organischen Verbindungen schwanken können.



Fig. 12.

Die Trockensubstanz in der nachstehenden Zusammenstellung schließt alle in den Pflanzen enthaltenen Bestandtheile, mit Ausschluß des Wassers, ein. Sie wird bestimmt durch andauerndes Trocknen der Substanzen bei 100°. Durch einfaches Abziehen von 100 Theilen Pflanzenmasse ergiebt sich der Wassergehalt der letzteren. Als stickstofffreie Extractstoffe bezeichnet man Alles, was nach Abzug der Proteïnkörper, des Fettes, der Holzfaser oder des Zellstoffes und der Asche von der Trockensubstanz noch übrig bleibt. Sie umfassen also die Kohlehydrate, die Pektinstoffe, gummiartige Substanzen u. s. w. Die Eiweißstoffe werden indirekt bestimmt, indem man den auf elementaranalytischem Wege gefundenen Stickstoff mit 6,25 multiplicirt. Die Fettsubstanzen werden ermittelt durch wiederholtes Ausziehen mit Aether, die Holzfaser oder Rohfaser durch öfteres Auskochen der zerkleinerten Pflanzentheile mit verdünnter Kalilauge, Schwefelsäure, Alkohol und Aether, die Asche durch sorgfältiges Verbrennen.

Art der Pflanzen u. Pflanzentheile.	Trockensubstanz.			Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Holzfaser.			Mittlerer Aschengehalt.
	Minimum.	Maximum.	Wahrscheinl. Mittel.	Minimum.	Maximum.	Wahrscheinl. Mittel.	Minimum.	Maximum.	Wahrscheinl. Mittel.	Minimum.	Maximum.	Wahrscheinl. Mittel.	Minimum.	Maximum.	Wahrscheinl. Mittel.	
I. Grünfutter.																
Wiesengras . .	12,4	48,1	28,0	1,6	6,0	3,1	0,3	1,5	0,80	3,5	22,8	12,1	3,12	17,0	10,0	2,0
Rothklee . . .	14,7	31,9	21,0	2,2	6,2	3,7	0,7	0,9	0,80	4,2	15,1	8,3	3,7	11,0	6,6	1,6
Weißklee . . .	16,4	20,3	19,8	3,5	4,5	4,0	0,8	0,9	0,85	7,2	9,8	8,0	5,2	6,0	5,6	1,4
Inkarnatklee . .	17,4	18,5	18,0	2,7	3,0	2,8	0,6	0,9	0,70	6,1	7,4	6,7	3,8	7,5	6,2	1,6
Wundklee . . .	—	—	17,0	—	—	2,8	—	—	0,40	—	—	7,2	—	—	5,3	1,3
Luzerne . . .	16,5	30,1	24,7	2,8	7,2	4,5	0,5	0,9	0,70	6,0	14,4	8,4	3,5	13,4	9,3	1,8
Esparsette . . .	20,0	23,4	21,5	3,2	4,3	3,5	0,6	0,9	0,70	8,2	10,8	8,5	5,8	12,9	7,6	1,2
Seradella . . .	14,2	20,0	18,0	2,6	3,6	3,1	—	—	0,40	5,1	7,0	6,6	5,0	8,1	6,6	1,3
Futterwicken . .	15,7	19,4	18,0	2,7	4,7	3,7	—	—	0,60	4,5	12,7	6,1	3,9	10,0	6,0	1,6
Mais	13,5	23,2	17,8	0,9	2,2	1,2	0,4	0,8	0,50	5,8	15,3	10,3	3,0	5,9	4,7	1,1
Buchweizen . .	12,5	17,5	15,0	1,5	3,2	2,4	0,5	0,8	0,6	5,1	7,4	6,3	4,2	4,4	4,3	1,4
Runkelrübenblätter	8,0	10,0	9,5	1,4	2,8	2,0	0,3	0,5	0,4	2,1	5,9	4,1	0,9	2,4	1,5	1,5
II. Stroh.																
Weizenstroh . .	74,0	91,9	85,7	1,4	5,6	2,0	0,6	2,0	1,5	26,7	42,6	28,7	28,9	52,6	49,2	4,3
Roggenstroh . .	81,4	89,7	85,7	1,5	4,1	2,0	1,3	2,5	1,4	25,6	44,5	27,5	30,1	54,9	50,7	4,1
Gerstenstroh . .	82,5	89,1	85,7	1,9	5,4	3,0	1,1	1,5	1,4	18,2	45,5	31,3	34,4	54,0	45,6	4,4
Haferstroh . .	78,8	89,7	85,7	1,3	6,1	2,5	1,0	5,1	2,0	24,9	48,9	35,6	30,1	50,2	41,2	4,4
Erbsenstroh . .	82,6	88,1	85,7	4,8	10,1	7,3	1,5	3,3	2,0	22,8	39,8	32,3	33,6	51,8	39,2	4,9
III. Wurzeln u. Knollen.																
Futterrunkeln .	7,4	24,6	12,0	0,6	2,6	1,1	0,06	0,6	0,1	2,9	13,4	9,0	0,7	4,5	1,0	0,8
Zuckerrüben . .	10,2	21,8	18,5	0,6	2,8	1,0	0,08	0,3	0,1	10,1	17,9	15,3	1,0	3,4	1,3	0,8
Kohlrüben . . .	9,6	15,3	12,4	0,7	1,7	1,2	—	—	0,1	—	—	9,0	—	—	1,1	1,0
Möhren . . .	10,1	20,8	14,1	0,5	2,4	1,3	0,2	0,8	0,25	5,9	15,5	9,6	0,7	3,4	1,9	1,0
Kartoffeln . . .	19,9	33,5	25,0	1,0	4,4	2,0	0,04	0,8	0,3	15,7	26,6	20,7	0,27	2,7	1,1	0,9
IV. Körner und Früchte.																
Weizen	81,3	90,5	85,9	8,2	24,1	13,2	0,7	2,7	1,6	60,2	75,3	66,2	0,7	8,3	3,0	1,7
Roggen	81,7	88,2	85,7	8,8	22,9	11,0	0,9	2,8	2,0	59,4	69,0	67,2	1,8	10,1	3,7	1,8
Gerste	80,9	89,2	85,7	2,6	27,1	10,0	1,8	2,6	2,3	55,8	76,3	64,1	2,5	13,6	7,1	2,2
Hafer	83,6	92,4	86,3	6,3	21,4	12,0	4,4	7,3	6,0	48,0	71,8	56,6	4,1	16,1	9,0	2,7
Erbsen	83,1	91,1	86,8	20,1	24,2	22,4	0,6	5,3	3,0	45,7	59,6	52,6	3,6	9,2	6,4	2,4
Raps u. Rübsensamen . . .	85,2	92,9	86,2	13,0	27,4	19,4	36,0	55,0	42,5	7,4	13,0	10,4	5,3	15,2	10,0	3,9

6. Kapitel. Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen. Die Pflanzennahrungsmittel.

§ 54. Außer Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff enthalten die Pflanzen auch noch andere Elemente, welche bei dem Verbrennen derselben als Asche zurückbleiben. Von den Nichtmetallen treten neben den vier genannten stets noch auf Phosphor und Schwefel, von den Metallen Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen. Von diesen dient im freien Zustande der Sauerstoff zur Unterhaltung der Athmung, während die übrigen nur in Verbindungen aufgenommen werden können. Solche sind: das Wasser; vier Säuren, Kohlensäure, Salpetersäure, bezüglich Ammoniak, Schwefelsäure, Phosphorsäure, und vier Basen: das Kali, der Kalk, die Magnesia und das Eisenoxyd.

Außer diesen wird noch regelmäßig in der Asche gefunden: Silicium, Chlor und Natrium, die aber noch nicht als unentbehrliche Bestandtheile der Pflanzen betrachtet werden können. Seltener, aber immerhin mit einer bestimmten Regelmäßigkeit finden sich dann in denselben Jod, Fluor, Aluminium und Mangan, während Arsen, Titan, Bor, Brom, Lithium, Rubidium, Barium, Strontium, Zink, Kobalt, Nickel und Kupfer nur ab und zu und in wenigen Pflanzenarten gefunden worden sind.

Die Lebenserscheinungen sämmtlicher organischer Wesen sind bedingt durch die Aufnahme gewisser Stoffe, der Nährstoffe, und als solche im eigentlichen Sinne des Wortes müssen diejenigen bezeichnet werden, ohne welche die Pflanze nicht bestehen kann, oder die für das Leben derselben völlig unentbehrlich sind. Scheinbar war es wohl leicht, mit Hülfe der chemischen Analyse die Bestandtheile der Pflanze zu ermitteln und dann sofort dieselben als Nahrungsmittel zu bezeichnen. Man untersuchte einfach, aus welchen Bestandtheilen die Asche der Pflanzen bestand, und glaubte dann wenigstens die anorganischen Stoffe zu kennen, welche die Pflanzen nothwendig zu ihrem Bestehen bedürften und welche also für dieselben als Nahrungsmittel zu betrachten wären. Kein Element ist aber berechtigt, auf die Bezeichnung Nahrungsmittel Anspruch zu machen, sobald nicht seine volle Unentbehrlichkeit für die Pflanze nachgewiesen ist, und Vegetationsversuche mußten und müssen entscheiden, ob einzelne Bestandtheile der Pflanzen wesentlich für dieselben sind, ob sie nicht ohne dieselben zur Entwicklung kommen, oder ob dieselben als zufällige Bestandtheile ohne jeden Nachtheil für die Pflanze weggelassen werden können.

Ist Letzteres der Fall und gelingt es, eine Pflanze normal zu erziehen, mit Ausschluß eines der Bestandtheile, die sich in der Asche finden, so wird man, sobald durch die Analyse nachgewiesen, daß das fragliche Element wirklich nicht vorhanden ist, berechtigt sein, den betreffenden Stoff als unwesentlich zu betrachten und aus der Reihe der Nährstoffe zu streichen. Indeß bedarf dieser Schluß immer einer vielfachen Bestätigung, denn das Nichtgedeihen einer Pflanze allein auf das Fehlen eines Elementes zurückzuführen, würde bei bloß einem Versuch als sehr gewagt erscheinen, da man der Pflanze immer mehr oder weniger künstliche Verhältnisse bieten muß, die häufig ihren natürlichen vollständig entgegengesetzt sind, und könnte das Nichtgedeihen ebensowohl von

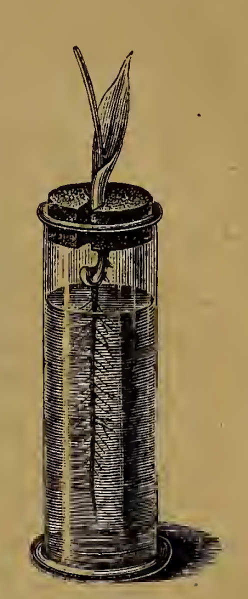
physikalischen Verhältnissen, wie Licht- und Luftmangel, Temperatur u. dgl., als auch von fehlerhafter chemischer Zusammensetzung der angewendeten Chemikalien, sowie des benutzten Mediums herrühren. Endlich ist noch zu berücksichtigen, daß, sobald von einem Gedeihen der Pflanzen die Rede ist, immer eine vielfache Vermehrung des Trockengewichtes im Vergleich zum Samen, sowie die Erzeugung von neuen keimfähigen Früchten vorausgesetzt werden muß. Begreiflicherweise beschränken sich derartige Untersuchungen immer nur auf die unorganischen oder Aschenbestandtheile, da die Elemente, aus denen die organischen, verbrennbaren Theile der Pflanzen bestehen, unbedingt nöthig für die Bildung der Zelle sind, und der Kohlenstoff und Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff als wesentliche Bestandtheile des Zellstoffes und Eiweißes, der Stärke und Fette, sowie aller derartigen im pflanzlichen Organismus befindlichen und dessen Hauptbestandtheile bildenden Verbindungen schon längst erkannt worden sind.

§ 55. Mit besonderem Erfolge hat man sich, um die Entbehrlichkeit oder Nothwendigkeit der einzelnen Aschenbestandtheile festzustellen, der Wasserkulturen bedient und besonders mit ihrer Hülfe klar erkannt, daß den chlorophyllhaltigen Pflanzen unter allen Umständen Phosphor, Schwefel, Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen unentbehrlich sind. Für manche Pflanzen scheinen noch andere Aschenbestandtheile nothwendig, für viele noch andere nützlich zu sein. Manche ziemlich regelmäßig auftretende sind zufällige Bestandtheile.

Derartige Vegetationsversuche in wässerigen Lösungen lassen sich unschwer ausführen: Pflanzensamen, Getreidefrüchte, Erbsen, weiße Zwergbohnen u. dgl. werden in Wasser eingequellt, d. h. in ein Glas mit Wasser geworfen. Das Wasser wird jeden Tag einmal erneuert, bis nach $2^1/_2$—3 Tagen die Samen vollständig durchweicht sind. Dann bringt man sie auf ein feuchtes Stück Tuch oder Flanell und stellt sie an einen 15—20° C. warmen Ort. In einigen Tagen entwickeln sich aus denselben junge Keimpflanzen, zuerst die Wurzeln und später die Stengelchen. Sobald diese Keimpflänzchen groß genug sind, bringe man jedes einzeln in ein mit Wasser gefülltes Medicingläschen in der Art, daß nur die W u r z e l n in die Flüssigkeit hineinreichen. Es kann dies leicht geschehen, wenn der Hals der Gläser lose mit Watte verstopft wird, oder wenn man sie auf Holzstäbchen oder in ein Drahtnetz legt. Die Wurzeln schützt man vor den Einwirkungen des Lichtes einigermaßen dadurch, daß man die Gläser, die aber in das Licht, an ein Fenster u. s. w. gestellt werden müssen, mit dunklem Papier umwickelt. In der Flüssigkeit gedeihen die Pflänzchen zunächst ganz freudig und in manchen Wassersorten kann man dieselben sogar bis zur Blüthe und Fruchtansatz bringen, wenn sie oft genug frisches erhalten. In der ersten Zeit leben und wachsen diese Pflänzchen nur auf Kosten des Samenkornes, dessen Inhalt sie verzehren und zu ihrer Vergrößerung verwenden. Später aber, nachdem sich Wurzeln und grüne Blätter gebildet haben, nehmen sie Nahrungsmittel und Bildungsmaterial auf aus dem Wasser und aus der Luft.

Ueppiger und sicherer lassen sich Pflanzen mit Ausschluß der Erde groß ziehen, wenn sie zur Erlangung ihrer Aschenbestandtheile nicht allein auf die fremden Beimengungen des Wassers angewiesen sind, sondern wenn dem letzteren dieselben zugesetzt werden. Zu diesem Zweck mischt man 5 Gramm phosphorsaures Kalium, $^1/_2$ Gramm Chlorkalium, 8 Gramm salpetersaures

Calcium und 1 Gramm schwefelsaure Magnesia und löst von dieser Mischung 0,5—1,5 Gramm in einem Liter Wasser, dem noch eine Messerspitze voll phosphorsaures Eisen zugesetzt wird, auf. Füllt man diese Lösung in große Gläser, vielleicht in sogenannte Zuckergläser, wie sie zum Einmachen von Früchten üblich sind, und bringt in diese die jungen Pflanzen aus den Medicingläsern, so wachsen sie viel rascher und kräftiger als in reinem Wasser. Um die Pflanzen in dem Zuckerglas zu halten und das Einsinken zu verhindern, bedeckt man dasselbe mit einem Holzdeckel, in dem nicht zu kleine Löcher gebohrt sind. In diese Löcher werden durchbohrte Korke eingepaßt. Fig. 13. Von der Seite her schneide man aus dem durchbohrten Kork ein Stück heraus, bringe das Pflänzchen sorgfältig in die Durchbohrung, füge das herausgenommene Stück wieder ein und befestige die Pflanzen noch durch etwas zwischengestopfte Watte. Ein Glas kann mehrere Gewächse erhalten, stets aber dürfen nur die Wurzeln derselben in die Flüssigkeit hineinragen. Die Gläser werden in das Freie gesetzt. Durch Umbinden von dickem Papier oder dgl. schützt man die Wurzeln vor dem unmittelbaren Einfluß des Lichtes. Alle 2—3 Wochen oder auch noch öfter muß die Lösung in den Gläsern erneuert werden; während Solches geschieht, nimmt man den Holzdeckel mit den Pflanzen einfach ab und setzt ihn auf ein anderes Glas, welches frisches Brunnenwasser enthält. Die verdunstete Flüssigkeit wird durch Zusatz von reinem Wasser immer wieder ersetzt. Begreiflicher Weise können die Nährstofflösungen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Concentration mannigfache Abweichungen zeigen. Eine andere für viele Pflanzen zweckdienliche Mischung besteht aus 1 Gewichtstheil salpetersaurem Calcium und je $^1/_4$ Gewichtstheil salpetersaurem Kalium, saurem phosphorsaurem Kalium und Bittersalz, dem etwas Eisenphosphat zugesetzt wird.


Fig. 13.

§ 56. Silicium, Chlor und Natrium können auf Grund vieler Vegetationsversuche nicht als absolut unentbehrliche Pflanzenbestandtheile betrachtet werden. Ihr regelmäßiges Vorkommen wird größtentheils aus der ganz allgemeinen Verbreitung jener Grundstoffe erklärt, ohne daß man ihnen indeß jede Bedeutung für das Pflanzenleben absprechen kann. Ein Ersatz der unentbehrlichen Bestandtheile durch andere ähnliche Verbindungen, z. B. eine Vertretung der Kaliumverbindungen durch Natrium-, Rubidium- oder Lithiumverbindungen, oder eine Vertretung der Calciumverbindungen durch Bariumsalze u. s. w. ist durch die Pflanzenculturversuche nicht gelungen.

Ueber das Silicium, welches als Kieselsäure in den Pflanzenaschen vorkömmt und in dieser Form von den Pflanzen durch die Wurzeln aufgenommen wird, herrscht noch eine ziemliche Ungewißheit. Obgleich die Kieselsäure als ein theilweis überwiegender Bestandtheil vieler Pflanzenaschen erkannt worden, kann sie doch nicht als Nährstoff in demselben Sinne wie Kali, Phosphorsäure und andere betrachtet werden. Auf der andern Seite ist auch die Ansicht aufgegeben, daß die Kieselsäure wesentlich zur Festigkeit und Widerstandsfähigkeit der Gewebe beitrage, ohne daß man die Beziehungen derselben zu den gesammten Lebenserscheinungen der Pflanzen näher zu erkennen vermocht hätte.

Durch Vegetationsversuche ist es noch nicht gelungen die Kieselsäure vollkommen auszuschließen, da die Pflanzen, auch wenn sie in ganz davon befreiten Lösungen wachsen, immer kleine Quantitäten aus den Gefäßen aufnehmen, wohl aber ist die Menge der darin enthaltenen so sehr vermindert worden, daß man ihr eine maßgebende Bedeutung wohl absprechen kann. Maispflanzen, die unter gewöhnlichen Verhältnissen 20 % Kieselsäure in der Asche enthalten, sind in wässerigen Lösungen normal cultivirt worden und enthielten noch nicht einmal ein Prozent davon u. s. w. Das Lagern des Getreides, welches man früher auf einen Kieselsäure-Mangel zurückführte, erklärt sich aus einer eigenartigen

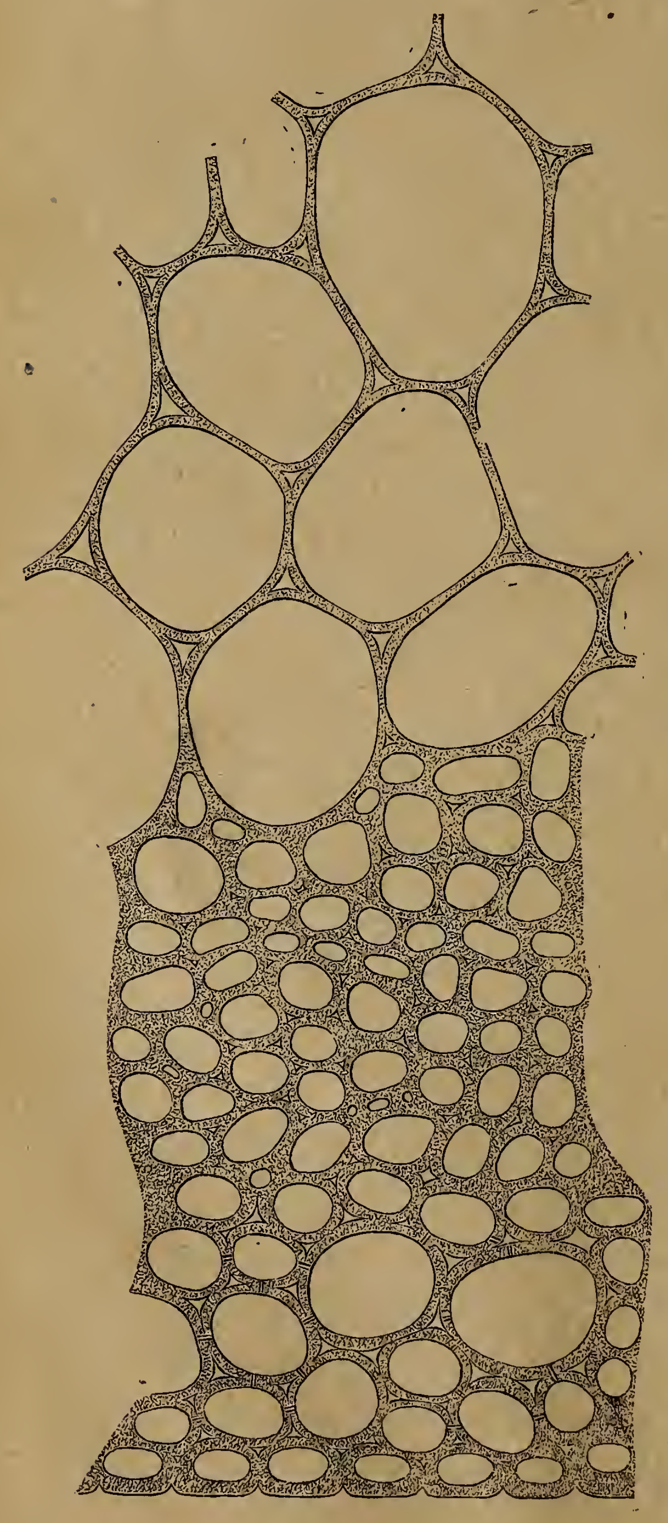


Fig. 14.

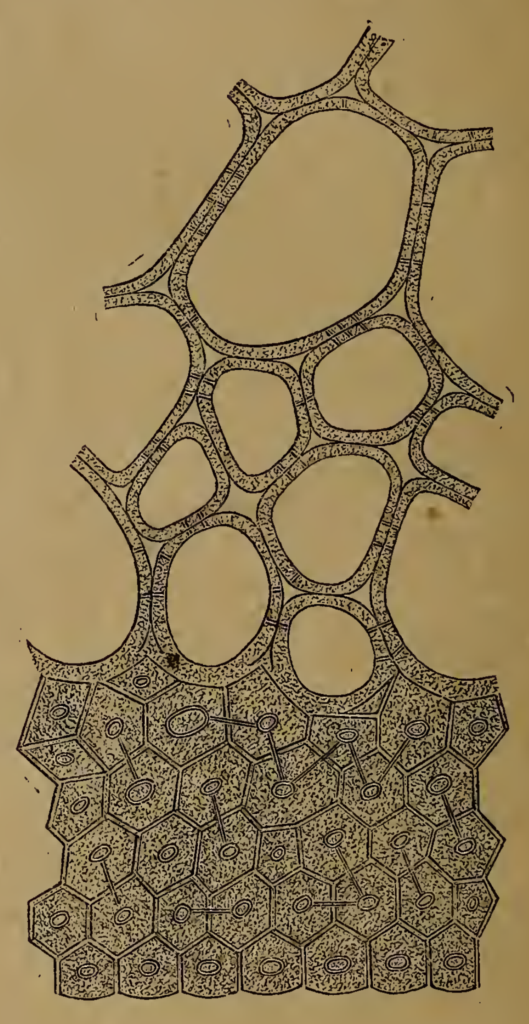


Fig. 15.

Vergeilung der Stengelglieder, die bei zu dichtem Stande und zu üppiger Ernährung, namentlich mit stickstoffreichen Substanzen, eintritt. Dabei spielt der Lichtmangel eine große Rolle. Die Stengeltheile verholzen nicht genug (§ 44) und die Gewebe können sich nicht genügend verdicken. Die Querschnitte von gelagerten Fig. 14 und von stehenden Roggenhalmen Fig. 15 zeigen dies deutlich. Ein genügend weiter Stand der Pflan-

zen, der eine allseitige Belichtung gestattet, und geeignete Feldcultur und Düngung verhindern das Lagern in der Regel.

Hinsichtlich des Chlors herrschen ähnliche Verhältnisse wie bei der Kieselsäure. Viele und die meisten Pflanzen gedeihen bei Ausschluß desselben ganz normal, andere wie der Buchweizen sollen sich nicht vollkommen zu entwickeln vermögen, wenn ihnen das genannte Element fehlt. Von den Pflanzen wird das Chlor in Verbindung mit Natrium als Chlornatrium, oder als Chlorkalium und Chlorammonium zumeist aufgenommen werden. Clormagnesium und Chlorcalcium wirken schädlich, wenn sie in größeren Mengen vorhanden sind. Ueberhaupt sollen chlorhaltige Düngungen die Qualität der Ernten verschlechtern, wenn auch die Quantität dadurch erhöht wird.

Auch das Natrium zeigt ein analoges Verhalten. In den Pflanzenaschen tritt es mit einer großen Regelmäßigkeit auf, und eine große Zahl von Versuchen sprechen für seine Entbehrlichkeit. Eine ganze Reihe von Gewächsen und besonders landwirthschaftliche Culturpflanzen sind in natriumfreien Lösungen gezogen und zu normaler Entwicklung gebracht worden.

§ 57. Die in der Asche auftretenden unorganischen Verbindungen werden von den Pflanzen in hoch oxydirter Form als neutrale oder schwachsaure Salze aufgenommen. Der Bedarf daran ist ein ungleicher und abhängig von dem Verlauf der gesammten Lebenserscheinungen; auch bedürfen die verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheile der Art und der Menge nach verschiedener Aschenbestandtheile, welche durch die chemische Untersuchung und Analyse der Pflanzen allein nicht festzustellen sind. Die Gewächse besitzen kein direktes Auswahlvermögen; sie finden an verschiedenen Wohnplätzen verschiedene Stoffe in der Erde und nehmen diese auf, so daß der Gehalt an einzelnen Aschenbestandtheilen je nach den Umständen, unter denen die Pflanze wuchs, ein sehr verschiedenartiger sein kann. So schwankt z. B. der Gehalt an Kali in der Asche von Kleepflanzen zwischen 9—50 Prozent, in der Asche von Haferpflanzen schwankt der Kalkgehalt zwischen 4—38 %. Die Asche von Raps, der auf Kalkboden gewachsen war, enthielt 43 % und 4 % Schwefelsäure, während die Asche einer anderen Pflanze derselben Art, die auf einem Nichtkalkboden cultivirt worden, 19 % Kalk und 7 % Schwefelsäure ergab.

Der Schwefel wird als Schwefelsäure, zumeist wohl in ihrer Verbindung mit Ammoniak, Kali, Magnesia und Kalk aufgenommen. Schwefelmetalle, schweflige Säure u. s. w. sind für die Pflanzen mehr oder weniger schädlich. Er ist zur Bildung von Proteïnstoffen und manchen ätherischen Oelen, in dem Senf, dem Meerrettig u. s. w. nothwendig, und schwefelsaure Salze finden sich unter den Aschenbestandtheilen unserer Culturpflanzen. Der Phosphor wird nur aufgenommen als Phosphorsäure, die in Verbindung mit Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium und Eisen den Wurzeln zugänglich ist. Die leicht löslichen Phosphate sind direkt aufnehmbar, Calciumphosphat und andere werden entweder durch die lösende Kraft der Wurzeln oder durch andere Verbindungen, wie Nitrate, Kochsalz, Ammoniak und Kohlensäure, verwendbar gemacht. Die Bildung der Proteïnkörper steht in bestimmten Beziehungen zu der Phosphorsäure, und von ihrer Anwesenheit ist die Aufspeicherung derselben in den Samen abhängig.

Das Kalium tritt in den verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen in sehr verschiedener Menge auf und ist besonders in den Gewebspartieen vorhanden, in denen die Wanderung der Kohlehydrate erfolgt, in dem sauer reagirenden Parenchym der Rinde und des Markes, während in den lang gestreckten Zellen der Gefäßbündel, in denen die Translocation der eiweißartigen Verbindungen erfolgt, besonders Phosphor anwesend ist. Man nimmt an, daß das Kalium in nahen Beziehungen zu der Bildung der Kohlehydrate stehe und zunächst keine Bildung von Stärke im Blattgrün stattfinden könne, wenn es an Kalium fehlt. Figur 16 läßt den Einfluß des genannten Körpers deutlich erkennen. Sie stellt Buchweizen in Wassercultur dar; der Pflanze in I ist Kalium als Chlorkalium zugänglich, der in II sind Kaliumverbindungen vorenthalten worden. Sehr kalireiche Pflanzen, die auch mit dem Namen Kalipflanzen belegt worden sind, enthalten besonders große Mengen von Kohlehydraten, z. B. Kartoffeln, Rüben, der Weinstock u. a.

Fig. 16.

Kalkverbindungen finden sich vorwiegend in den blattartigen Organen und in den Pflanzen, welche sich durch Blätterreichthum auszeichnen, wie die

Kleearten, die Erbsen u. a. Aufgenommen wird das Calcium in Verbindung mit den Mineralsäuren, als Calciumnitrat — Sulfat — Phosphat und Carbonat. Pflanzen, die viel davon enthalten, nennt man auch Kalkpflanzen. Das Magnesium verhält sich ähnlich wie das Calcium, es tritt der Menge nach in den Pflanzen dem Kalk gegenüber etwas zurück und nur in den Samen tritt es in größerer Menge auf.

Das Eisen ist unter den Mineralstoffen das einzige Element, dessen physiologische Bedeutung genauer bekannt ist. Schon vor mehreren Jahren ergab sich aus hierauf bezüglichen Versuchen, daß es wesentlich nöthig bei der Bildung des Chlorophylls sei, und wurde beobachtet, daß Pflanzen in einem vollkommen eisenfreien Medium erzogen, sehr bleich werden und bald anfangen zu kränkeln, nach Zusatz von etwas Eisen aber eine dunkelgrüne Farbe annehmen und zur normalen Entwicklung gelangen. Durch weitere Versuche wurden diese Beobachtungen vollständig bestätigt, und die schon von älteren Forschern ausgesprochene Ansicht, daß das Fehlen des Eisens bei den Pflanzen Chlorose (Bleichsucht) hervorrufe, als richtig erkannt. Durch das sehr ähnliche Mangan läßt sich das Eisen nicht ersetzen.

Von den seltener auftretenden Elementen findet sich das Jod in der Asche von Seetangen und in Spuren auch in einigen Sumpfpflanzen. Fluor ist in den Samenhüllen der Getreidearten und auch sonst noch in den Pflanzen gefunden worden. Aluminium tritt in einigen Bärlapparten in erheblichen Mengen auf, ferner in dem Rebstock und einigen anderen Gewächsen. Dagegen ist Mangan ein sehr verbreiteter Aschenbestandtheil, und man findet kaum eine Pflanzenasche, in welcher sich nicht Spuren davon nachweisen ließen. In den Waldbäumen scheint es sich besonders anzuhäufen; Arsenik ist nur in einzelnen Pflanzen, Kupfer dagegen in vielen, aber immer nur in geringer Menge nachgewiesen worden. Zink tritt regelmäßig in dem Galmeiveilchen, welches nur in der Nähe von Zinkhütten gedeiht, auf; in geringeren Mengen auch in anderen Gewächsen, die auf zinkhaltigem Boden vegetiren. Die Rinden der Waldbäume enthalten Spuren davon. Titan ist in den Getreidepflanzen spurenweise bemerkt worden. Lithium tritt etwas häufiger auf und Rubidium ist mit Hülfe der Spectralanalyse in manchen Pflanzen bemerkt worden.

§ 58. Die Menge und die Zusammensetzung der Asche wird bedingt von der Art der Pflanze, von der ungleichen Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Organen derselben und von den Schwankungen der Bestandtheile in den verschiedenen Perioden der Vegetation. Einen ferneren Einfluß übt die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens, und, bei den Culturpflanzen, die Art der Düngung auf die Zusammensetzung derselben aus. In Folge davon zeigt die Asche ein und derselben Pflanze sehr oft große Verschiedenheiten und Schwankungen und in den Aschentabellen läßt sich stets nur das wahrscheinliche Mittel angeben. Die Bedeutung aller unentbehrlichen Aschenbestandtheile ist aber für die Pflanze ein und dieselbe, so daß ihre Entwicklung bei Ueberfluß von aufnehmbaren Nahrungsmitteln geregelt wird von dem Bestandtheil, der in geringster Menge vorhanden ist.

Die Pflanzen können Luxusconsumtion treiben, d. h. sie können von vorhandenem Kali oder Phosphorsäure große Quantitäten in ihrem Körper

aufhäufen, ohne daß damit eine außergewöhnliche Entwicklung Hand in Hand geht. Die begrenzte Menge irgend eines anderen unentbehrlichen Mineralbestandtheils, oder die ungenügende Zufuhr von Wasser, ein Mangel an Licht und Wärme u. s. w. beschränken den Nutzen anderer im Ueberfluß vorhandener Stoffe.

Aus den nachstehenden Tabellen ergibt sich der mittlere Gehalt der Pflanzen an den verschiedenen Verbindungen. Das Wasser, welches den größten Theil derselben ausmacht und ein wesentlicher und unentbehrlicher Bestandtheil ihres Körpers ist, ist darin berücksichtigt worden. Während dem Trocknen bei 100° verlieren die Pflanzen die angegebenen Mengen. Zieht man von der in Rechnung gebrachten Pflanzensubstanz das Wasser und die Asche ab, so bleiben die organischen Körper übrig. Diese mit Einschluß der Asche bilden die sogenannte Trockensubstanz.

Das Eisen ist zwar ein nie fehlender Bestandtheil der Pflanzen, es tritt aber ab und zu nur in kleinen Mengen auf, und den vorliegenden Tabellen, die zumeist von E. Wolf berechnet sind, fehlen theilweis die Angaben über den Eisengehalt. Zur Ergänzung sei daher noch angeführt, daß die Trockensubstanz der Eichenblätter nur 0,03 %, die der Weißbuchen 0,07 %, die Nadeln der Coniferen 0,2 % Eisenoxyd enthalten. Innerhalb dieser Grenzen bewegt sich der Eisengehalt in den Blättern der Holzpflanzen. In der Trockensubstanz der Hölzer ist ungefähr 0,1—0,2 %, in der des Obstes 0,02% vorhanden.

7. Kapitel. **Die Stoffaufnahme der Pflanze.**

§ 59. Da den Pflanzen die Mundöffnung der Thiere fehlt und alle Stoffe, welche in ihren Körper gelangen sollen, durch Membrane hindurchgehen müssen, so können diese nur in flüssiger oder fester Form zur Aufnahme gelangen. Mit der Aufnahme von Verbindungen aus der Außenwelt, d. h. mit der Ernährung, ist gleichzeitig ein Stoffaustausch seitens der Pflanze verbunden, der ebenfalls nur in jenen Zuständen erfolgen kann. Bei diesem Stoffaustausch zwischen den Bestandtheilen der Außenwelt und dem Inhalt der Pflanzenzelle spielt die Membrandiffusion eine hervorragende Rolle, und nur diffusible Gase und Flüssigkeiten, und zwar nur solche, welche die Pflanzenmembran zu durchdringen vermögen, können zur Aufnahme und Ausgabe gelangen.

Die Zellwände, Membrane, können von Flüssigkeiten und Gasen durchdrungen werden in derselben Weise, wie dies auch bei thierischen Häuten der Fall ist. Diese Fähigkeit wird Permeabilität oder Durchgangsfähigkeit genannt. Sind verschiedenartige Salzlösungen oder verschiedene Gase durch solche Membrane getrennt, so findet ein gegenseitiges Durchdringen und Strömen durch die trennende Haut hindurch statt, so lange bis ein Gleichgewichtszustand eingetreten und eine Ausgleichung der verschiedenartigen Bestandtheile herbeigeführt ist. Diese Erscheinungen, die früher als Exosmose und Endosmose bezeichnet wurden, faßt man jetzt unter dem Namen Diffusion zusammen. Specieller bezeichnet man das Ausgleichungsbestreben der

I. Tabelle über den Wassergehalt und die Aschenmenge und deren Bestandtheile von 100 Theilen Pflanzenmasse.

Name der Pflanze.	Wasser.	Aschenmenge.	Eisenoxyd.	Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlor.
1. Same der Culturpflanzen.											
Weizen . . .	14,3	1,77	0,010	0,061	0,223	0,549	0,044	0,808	0,007	0,054	0,002 Theile
Roggen . . .	14,3	1,91	0,024	0,053	0,220	0,614	0,032	0,869	0,013	0,055	0,001 „
Gerste . . .	14,3	2,15	0,020	0,053	0,187	0,489	0,048	0,731	0,048	0,572	0,012 „
Hafer	13,7	2,97	0,023	0,104	0,216	0,436	0,075	0,629	0,036	1,414	0,012 „
Mais	12,7	0,90	0,018	0,025	0,135	0,267	0,008	0,420	—	0,011	0,009 „
Erbsen . . .	13,2	2,67	0,018	0,164	0,183	1,091	0,078	0,968	0,093	0,022	0,067 „
Saubohnen . .	14,1	2,88	—	0,155	0,210	1,291	0,023	0,985	0,084	0,018	0,045 „
Gartenbohnen .	14,8	2,65	0,006	0,210	0,215	1,222	0,034	0,824	0,093	0,016	0,026 „
Linsen . . .	13,4	1,78	0,029	0,090	0,035	0,495	0,187	0,516	—	0,019	0,071 „
Wicken . . .	13,6	2,07	0,016	0,100	0,177	0,636	0,224	0,792	0,085	0,021	0,025 „
Weißer Klee .	14,8	3,06	0,057	0,220	0,350	1,117	0,017	1,049	0,148	0,068	0,046 „
Esparsette . .	13,2	4,43	0,061	1,213	0,256	1,096	0,105	0,919	0,124	0,031	0,039 „
Rother Klee .	15,0	3,46	0,042	0,192	0,442	1,236	0,018	1,337	0,233	0,032	0,045 „
Buchweizen . .	18,0	0,92	0,019	0,030	0,123	0,212	0,057	0,440	0,019	—	0,018 „
Gelbe Lupine .	12,7	3,68	0,022	0,301	0,466	1,085	0,011	1,629	0,160	0,004	? „
Blaue Lupine .	15,0	2,95	0,022	0,291	0,322	0,942	0,024	1,153	0,164	0,017	0,010 „
Raps . . .	11,8	3,60	0,048	0,588	0,477	0,800	0,015	1,593	0,023	0,036	0,005 „
Lein	11,8	3,20	0,032	0,297	0,398	1,037	0,058	1,301	0,035	0,035	0,011 „
Hanf	12,2	4,81	0,048	1,129	0,271	0,967	0,037	1,745	0,081	0,568	0,003 „
Hirse, ungeschält	13,0	3,90	—	0,328	0,039	0,464	0,039	0,913	0,008	2,040	— „
Reis, ungeschält	12,0	7,05	—	0,282	0,757	1,234	0,387	2,875	0,061	0,018	0,057 „
2. Stroh der Culturpflanzen.											
Weizen . . .	14,3	4,96	0,046	0,307	0,143	0,615	0,098	0,194	0,088	3,311	0,123 „
Roggen . . .	14,3	4,88	0,040	0,461	0,135	0,756	0,116	0,260	0,051	2,911	0,039 „
Gerste . . .	14,3	4,74	0,045	0,362	0,158	0,835	0,253	0,220	0,122	2,573	0,205 „
Hafer . . .	14,3	4,30	0,074	0,343	0,154	0,888	0,207	0,157	0,157	1,904	0,161 „
Mais	14,0	4,72	0,111	0,512	0,268	1,713	0,059	0,393	0,247	1,359	— „
Erbsen . . .	14,3	5,56	0,076	2,309	0,476	1,130	0,267	0,478	0,277	0,320	0,256 „
Saubohnen . .	18,0	5,26	0,120	1,238	0,340	1,678	0,357	0,395	0,012	0,365	0,207 „
Gartenbohnen .	15,0	5,05	0,059	1,392	0,319	1,427	0,615	0,479	0,210	0,253	0,386 „
Raps	18,0	5,46	0,106	1,677	0,293	1,550	0,339	0,347	0,316	0,251	0,494 „
3. Wurzel- und Knollengewächse.											
Runkelrüben .	88,0	1,015	0,011	0,047	0,050	0,629	0,119	0,096	0,027	0,035	0,072 „
Weißerüben . .	91,5	0,632	0,005	0,065	0,015	0,330	0,026	0,074	0,056	0,025	0,025 „
Turnips . . .	92,0	0,849	0,009	0,075	0,031	0,370	0,078	0,108	0,104	0,015	0,030 „
Kohlrüben . .	87,6	0,842	0,009	0,085	0,041	0,307	0,149	0,104	0,038	0,020	0,023 „
Zuckerrüben . .	81,5	0,731	0,008	0,047	0,069	0,359	0,058	0,109	0,036	0,026	0,019 „
Kartoffeln . .	75,0	0,982	0,009	0,021	0,048	0,615	0,010	0,164	0,064	0,020	0,039 „

I. Tabelle über den Wassergehalt und die Aschenmenge und deren Bestandtheile von 100 Theilen Pflanzenmasse.

Name der Pflanze.	Wasser.	Aschenmenge.	Eisenoxyd.	Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlor.
4. Blätter und Kraut der Wurzelgewächse.											
Runkelrüben . . .	90,7	1,742	0,024	0,245	0,204	0,379	0,390	0,107	0,120	0,094	0,208 Theile
Turnips	89,8	1,686	0,030	0,524	0,068	0,367	0,121	0,139	0,151	0,047	0,167 „
Kohlrüben	87,6	3,135	0,086	0,953	0,116	0,423	0,602	0,152	0,230	0,209	0,156 „
Zuckerrüben . . .	89,0	5,136	0,075	0,867	0,923	1,265	0,751	0,367	0,363	0,209	0,270 „
Kartoffeln	82,5	1,585	0,060	0,620	0,230	0,267	0,046	0,091	0,083	0,087	0,120 „
5. Klee und Futtergewächse.											
Wundklee	83,0	1,23	—	0,847	0,086	0,127	0,055	0,056	0,020	0,035	0,002 „
Bastardklee . . .	82,0	1,02	—	0,326	0,156	0,346	0,015	0,103	0,041	0,012	0,029 „
Grünwicken . . .	82,0	1,57	—	0,413	0,107	0,660	0,046	0,201	0,058	0,041	0,028 „
Grünraps . . .	87,0	1,35	—	0,311	0,061	0,435	0,051	0,116	0,219	0,042	0,102 „
Grünerbsen, 25. Juli	81,5	1,37	0,015	0,393	0,112	0,559	0,003	0,181	0,048	0,036	0,024 „
Junges Gras . .	80,0	1,86	—	0,199	0,052	1,045	0,033	0,195	0,074	0,191	0,037 „
Grünmais . . .	82,2	0,82	—	0,120	0,110	0,290	—	0,070	0,030	0,110	— „
Tausendköpfiger Futterkohl . . .	86,0	1,97	0,036	0,761	0,084	0,505	0,047	0,171	0,230	0,030	0,134 „
Kopfkohl	88,0	0,56	0,003	0,080	0,020	0,268	0,028	0,037	0,096	0,006	0,024 „
6. Heu.											
Wiesenheu . . .	14,3	7,05	0,063	0,984	0,400	1,162	0,430	0,447	0,366	2,206	0,628 „
Rothes Kleeheu . .	16,0	5,90	0,146	1,966	0,580	1,977	0,116	0,566	0,196	0,310	0,162 „
Heu von Esparsette	16,7	5,36	0,040	1,729	0,308	2,093	0,107	0,554	0,472	0,241	0,196 „
Luzerneheu . . .	16,0	5,25	0,038	2,242	0,294	1,475	0,051	0,452	0,336	0,126	0,088 „
Weißkleeheu . . .	16,5	7,29	0,175	2,349	0,725	1,276	0,563	1,026	0,642	0,328	0,266 „
7. Handelsgewächse.	Name des Pflanzentheils.										
Lein	Stengel . . .	3,42	0,151	0,773	0,204	1,281	0,175	0,353	0,168	0,260	0,136 „
„	Ganze Pflanze	3,20	0,007	0,528	0,268	1,097	0,159	0,650	0,142	0,086	0,189 „
„	Samenhülle . .	6,38	0,129	1,697	0,159	1,782	0,246	0,166	0,272	0,984	0,382 „
„	Blätter . . .	7,71	0,404	2,302	0,216	1,494	—	0,263	0,282	2,218	0,193 „
Hanf	Ganze Pflanze	3,22	0,017	1,344	0,297	0,566	0,098	0,353	0,086	0,251	0,086 „
Hopfen	Zapfen . . .	5,34	0,097	0,981	0,241	1,938	0,103	0,706	—	0,913	0,186 „
„	Blüthen . . .	6,74	0,094	0,805	0,334	1,940	0,186	1,089	0,454	1,261	0,418 „
„	Blätter . . .	15,67	0,207	6,633	0,558	2,481	0,572	1,108	0,563	2,943	0,682 „
„	Ranken . . .	6,52	0,059	1,755	0,279	2,032	0,103	0,865	0,172	0,739	0,662 „
„	Ganze Pflanze	7,40	0,379	1,182	0,427	1,941	0,284	0,898	0,400	1,591	0,382 „
Tabak	Blätter . . .	2,46	0,098	0,926	0,288	0,579	0,116	0,101	0,100	0,028	0,140 „
Chinesisches Zuckerrohr	—	1,60	—	0,021	0,237	0,325	0,052	0,814	—	0,120	— „
8. Spreu der Culturpflanzen.											
Weizenspreu . . .	14,3	9,33	0,034	0,175	0,119	0,852	0,167	0,402	—	7,578	— „
Haferspreu . . .	14,3	7,90	0,112	0,683	0,204	1,036	0,387	0,020	0,195	4,733	0,068 „

II. Tabelle. 1000 Gramm enthalten:

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser.	Asche.	Kali.	Natron.	Magnesia.	Kalkerde.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlor.
Blätter der Holzpflanzen.										
Maulbeerbaum . . .	670	11,7	2,3	—	0,6	3,0	1,2	0,1	4,1	—
Roßkastanie, Frühjahr .	700	21,5	8,3	—	0,8	14,6	5,0	1,3	0,6	0,8
„ Herbst . .	600	30,1	5,9	—	2,4	2,2	2,5	0,5	4,2	1,2
Nußbaum, Frühjahr .	700	23,2	9,9	—	1,1	16,2	4,9	0,6	0,3	0,1
„ Herbst . .	600	28,4	7,6	—	2,8	5,3	1,1	0,8	0,6	0,2
Buche, Sommer . . .	750	12,1	2,2	0,2	1,1	14,4	0,9	0,4	1,8	0,1
„ Herbst . . .	550	30,5	1,6	0,2	1,8	3,7	1,3	1,1	10,3	0,1
Eiche, Sommer . . .	700	13,8	4,6	—	1,9	3,6	1,7	0,4	0,6	—
„ Herbst	600	19,6	0,7	0,1	0,8	9,5	1,6	0,9	6,1	—
Kiefernnadeln, Herbst .	550	6,3	0,6	—	0,6	2,6	1,3	0,3	0,8	0,3
Fichtennadeln, Herbst .	550	26,2	0,4	—	0,6	4,0	2,1	0,7	18,4	—
Holzarten. (Lufttrocken.)										
Rebenreiser und Holz .	150	23,4	7,0	1,6	1,6	8,7	3,0	0,6	0,2	0,2
Maulbeerbaum . . .	150	13,7	0,9	2,0	0,8	7,8	0,3	1,4	0,5	0,6
Birke	150	2,6	0,3	0,2	0,2	1,5	0,2	—	0,1	—
Buche, Stammholz . .	150	5,5	0,9	0,2	0,6	3,1	0,3	0,1	0,3	—
„ Prügelholz . .	150	8,9	1,4	0,2	1,5	4,1	1,0	0,1	0,6	—
„ Reisholz . . .	150	12,3	1,7	0,3	1,3	5,9	1,5	0,1	1,2	—
Eiche, Stammholz . .	150	5,1	0,5	0,2	0,2	3,7	0,3	0,1	0,1	—
„ Zweige mit Rinde	150	10,2	2,0	—	0,8	5,5	0,9	0,2	0,3	—
Roßkastanie, junges Holz im Herbst	150	28,1	5,5	—	1,5	14,3	5,9	—	0,2	0,4
Nußbaum, dto.	150	25,5	3,9	—	2,0	14,2	3,1	0,8	0,7	0,1
Apfelbaum	150	11,0	1,3	0,2	0,6	7,8	0,5	0,3	0,2	—
Fichte	150	2,1	0,1	0,6	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	—
Weißtanne	150	2,4	0,4	0,2	0,1	1,2	0,1	0,1	0,2	—
Kiefer	150	2,6	0,3	0,1	0,2	1,3	0,2	0,1	0,4	—
Lärche	150	2,7	0,4	0,2	0,7	0,7	0,1	0,1	0,1	—
Rinden.										
Birke	150	11,3	0,4	0,6	0,9	5,2	0,8	0,2	2,3	0,2
Roßkastanie, junge im	150									
Herbst	150	55,9	13,5	—	2,2	34,3	3,9	0,6	0,6	0,7
Nußbaum, dto.	150	54,4	6,3	—	5,8	38,1	3,2	0,1	0,4	0,2
Fichte	150	23,9	1,3	1,0	1,1	14,9	0,6	0,2	3,8	0,1
Weißtanne	150	28,1	2,3	0,9	0,8	19,6	0,7	0,5	2,3	0,3
Kiefer	150	17,1	0,5	0,2	0,2	7,5	1,4	0,1	5,3	—
Früchte.										
Aepfel	830	3,4	1,4	0,9	0,3	0,1	0,6	0,3	0,1	—
Birnen	835	3,4	1,6	0,3	0,2	0,3	0,5	0,2	0,1	—
Pflaumen	870	5,2	3,1	—	0,3	0,5	0,8	0,3	0,1	—

Gase mit diesem Wort, während dasjenige von tropfbaren Flüssigkeiten durch Membrane auch Osmose genannt wird. Die Mehrzahl der pflanzlichen Nährstoffe gelangen durch Flüssigkeitsdiffusion in das Innere der Gewächse.

Bringt man wässerige Flüssigkeiten von ungleicher Zusammensetzung zusammen, so vermischen sie sich bis zur völligen Gleichartigkeit aller ihrer Theile mit einander. Trennt man solche Flüssigkeiten durch thierische oder pflanzliche Häute, Därme u. dgl., so erfolgt auch durch diese hindurch eine vollständige Ausgleichung. Bringt man z. B. eine mit Salzwasser gefüllte Schweinsblase in reines Wasser, so tritt das Salzwasser aus der Blase heraus und reines Wasser in die Blase hinein und zwar so lange, bis das Wasser außerhalb der Blase ebenso salzig ist, als das in ihr befindliche. Dieses durch thierische und pflanzliche Häute hindurchgehende und durch solche nicht gehinderte Ausgleichungsbestreben ungleicher Flüssigkeiten hat man mit dem allgemeinen Namen Diffusion bezeichnet.

Legt man Scheibchen vom Fleisch der Zuckerrübe ins Wasser, so tritt aus den unverletzten Zellen der Zucker in das Wasser, er diffundirt durch die geschlossene Zellenmembran hindurch und zwar so lange, bis die Zuckerlösungen inner- und außerhalb der Zelle eine gleiche Concentration haben. Das Eindringen des Wassers durch die Membran nach innen erfolgt aber, seiner geringen Dichtigkeit wegen, rascher als das der Zuckerlösung nach außen. Dasselbe ist auch bei Kochsalzlösungen u. a. der Fall. Innerhalb des Pflanzenkörpers kann solche Verschiedenheit hinsichtlich der Dichte oder der spezifischen Schwere von Lösungen, durch welche die Fortbewegung der Stoffe wesentlich mitbedingt wird, in mannichfacher Weise herbeigeführt werden. Die Theorie der Membrandiffusion ergiebt sich aus der Lehre von den mechanischen Erscheinungen der flüssigen und luftförmigen Körper.

§ 60. Der Gasaustausch der Pflanze, d. h. die Aufnahme und Ausscheidung gasförmiger Stoffe, wird besonders von den grünen blattartigen Organen vermittelt; es wird aber auch Kohlensäure mit dem Wasser durch die Wurzeln aufgenommen. Im Dunkeln hauchen die Blätter Kohlensäure aus und unter Einfluß des Lichtes nehmen sie solche auf, zerlegen dieselbe und scheiden den Sauerstoff ab. Die Kohlensäure der Atmosphäre wird von den Gewächsen in Anspruch genommen und ist als wesentlichste Quelle zu betrachten, aus der dieselben ihren Bedarf an Kohlenstoff decken. Eine Verminderung des Luftdruckes beschleunigt und befördert die Assimilation der Kohlensäure, die in beträchtlicher Menge von den Pflanzen aufgenommen wird. Die Quantität des unter Einfluß des Lichtes ausgeathmeten Sauerstoffes ist aber kleiner, als durch die Kohlensäure eingeführt wird. Der dritte bis fünfte Theil desselben bleibt in dem Pflanzenkörper zurück.

In Folge der nächtlichen Kohlensäure-Ausscheidung ist es nachtheilig, viele Pflanzen in Wohnstuben und bewohnten Räumen aufzustellen, wenn sonst am Morgen nicht für genügende Lüftung gesorgt wird. Am Tage tritt der entgegengesetzte Fall ein. Die Kohlensäure, welche den Pflanzen im Freien durch Verwesung und Vermoderung von Mist und anderen organischen Stoffen und durch das Regenwasser zugeführt wird, reicht, wie sich durch Rechnung

finden läßt, nicht aus, um den Bedarf unserer Culturgewächse zu decken, und schon daraus ergibt sich, daß diejenige der Luft verbraucht werden muß. In einer Stunde absorbirte eine

Rapspflanze	166	Cubik-Centimtr.	Kohlensäure	an der	Sonne
Erbspflanze	76	„ „	„	„ „	„
Erbspflanze	2	„ „	„		im Schatten.

Da die Spaltöffnungen in Verbindung mit den luftführenden Gefäßen und den lufterfüllten Intercellularräumen des Blattparenchyms stehen, so hat man angenommen, daß jene besonders der Kohlensäure-Assimilation dienten. Zur Erklärung der Kohlensäure-Aufnahme genügt aber schon die Thatsache, daß diesem Gase eine besonders große Diffusionsgeschwindigkeit für die Verhältnisse, wie sie in der Pflanze herrschen, zukommt. — Die im Dunkeln ausgeschiedene Kohlensäure, mit der eine Sauerstoffaufnahme verbunden ist, scheint mit der Ernährung nichts zu thun zu haben.

Außer der Absorption von Sauerstoff und Kohlensäure durch die Blätter ist auch eine solche von kohlensaurem Ammoniak beobachtet worden. Sie ist aber von geringer Bedeutung, weil jenes Gas nur spurenweis in der Atmosphäre auftritt. Wasserdunst und flüssiges Wasser scheinen von den Blättern nicht aufgenommen zu werden.

Eine wichtige Rolle bei dem Gasaustausch der Pflanzen ist den Absorptions-Erscheinungen der Gase im Wasser zuzuschreiben, die wesentlich von dem Druck und der Temperatur geregelt werden, und deren Größe von der Art des Gases abhängt. Innerhalb der Pflanzen erfolgt die Gasdiffusion nur durch die mit Wasser getränkten Zellwände, und ihre Stärke hängt wesentlich von der größeren oder geringeren Assimilation der in die Zellen gelangten unorganischen Verbindungen ab. Durch diese wird der Inhalt der Pflanzenzellen stets verändert, die Gruppirung der Stoffe wird eine andere und die Diffusion wird dadurch zu einem ununterbrochen fortlaufenden fruchtbaren Prozeß.

§ **61.** Von sehr großer Bedeutung für die Stoffaufnahme und den Stoffaustausch ist die Wasserverdunstung oder die Transpiration der Gewächse durch die oberirdischen Organe. Durch sie wird zum großen Theil der Wasserstrom bedingt und geregelt, der alle Pflanzen, welche an der Grenze von Erde und Luft leben, durchfließt. Das Wasser ist nicht nur neben der Kohlensäure das der Pflanze absolut nothwendige Material, aus dem in der chlorophyllhaltigen Zelle organische Substanz erzeugt wird, es ist auch als Wasser ein unentbehrlicher Bestandtheil derselben und dient ihr indirekt als Lösungsmittel für aufzunehmende Verbindungen und zur Vermittelung ihres Stoffaustausches. Alle lebenden Pflanzen und Pflanzentheile enthalten große Mengen davon, und kein lebendes Wesen vermag die häufig mißachtete Flüssigkeit auch nur kurze Zeit zu entbehren.

Die Tabelle in § 58 zeigt, wie groß die Wassermengen in den Pflanzen sind. Im Durchschnitt kann man annehmen, daß unsere Culturpflanzen 240—400mal so viel Wasser verdunsten, als sie organische Trockensubstanz produciren. Die Größe und Intensität der Transpiration wird bedingt durch das Licht, durch die zur Verfügung stehende Wassermenge, den Wassergehalt der Luft, die Temperatur und die Art der Pflanze. Um die Verdunstung

anschaulich zu machen, füllt man gleich große Blumentöpfe mit lufttrockener Erde, befeuchtet sie gleichmäßig und bepflanzt den einen mit einer Bohnenpflanze, oder zieht diese in dem Topf aus dem Samen. Beide Gefäße, die in ein Fenster oder an sonst geeignete Orte gestellt werden, verdunsten durch die gleiche Oberfläche Wasser. Bald aber macht sich eine Differenz geltend, indem sich zu der Verdunstung aus dem Boden in dem einen noch die Verdunstung durch die Pflanze gesellt. Mit Hilfe der Waage werden die ausgeschiedenen Wassermengen alle 2—3 Tage festgestellt und durch Begießen ersetzt. Die oben angegebenen, die Transpirationsgröße bedingenden Einflüsse werden schon bei solchen rohen Versuchen bemerkbar. Die Blätter der höchsten Wipfel verdunsten oben so unausgesetzt wie das niedrige Gras. Den größten Einfluß übt das direkte Sonnenlicht aus. Pflanzen, die nur kurze Zeit, vielleicht eine Stunde länger, direkt von der Sonne beschienen werden, als andere derselben Art, ergeben auf der Waage bereits einen erhöhten Wasserverlust. Der nachtheilige Einfluß hoher Bäume und des Schattens überhaupt, der stets zu bemerken, erklärt sich daraus. Der Thau auf den Blättern verhindert die Verdunstung, niedere Temperatur drückt sie herab; ebenso ein großer Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Wie die krautartigen Theile der Luftpflanzen und besonders die an Spaltöffnungen reichen Blätter der Gasdiffusion dienen, so sind sie auch vorwiegend der Sitz der Wasserverdunstung. Je reicher die Blätter an Spaltöffnungen sind, um so größer ist ihre Wasserabgabe. Die mit dickem Kork und Borken-Schichten bedeckten Theile von Stämmen und Aesten, und die mit starken Cuticularschichten versehenen Theile vermögen ebensowenig Kohlensäure und Sauerstoffgas auszutauschen, als Wasser zu verdunsten. Cactusarten und andere Wüstenpflanzen sind durch eine starke Epidermis mit wenig Spaltöffnungen vor einer zu starken Verdunstung geschützt. Bei abwelkendem Gewebe schließen sich die Spaltöffnungen, bei aufgeschwelltem, Saft strotzendem (turgescentem) Gewebe öffnen sie sich und tragen so auch ihrerseits zur Regulirung der Transpiration bei.

Wie groß die letztere ist, zeigen nachstehende Zahlen. Während der Vegetationsdauer verdunsten:

1 Million	Roggenpflanzen	pr. Hectar	834890	Kilo Wasser
„	Weizenpflanzen	„ „	1179920	„ „
„	Gerstenpflanzen	„ „	1236710	„ „
„	Haferpflanzen	„ „	2277760	„ „ .

Während der Vegetationsdauer vom 20. 7 bis zum 28. 10 verdunstete eine Zwergbohne 1040 Gramm. Während der Monate Juli und August die Zuckerrübenblätter auf einer Hectare 222100 Kilo.

Auch aus einer feuchten Atmosphäre vermögen unsere Culturpflanzen keinen Wasserdunst durch ihre Blätter aufzunehmen. Selbst bei einer großen Trockenheit des Bodens werden die Zellen, die mit der Luft in Berührung stehen, auch wenn die letztere reich an Wasserdampf ist, leichter aus anderen Gewebspartieen Wasser aufzunehmen vermögen. Eine Verdichtung von Wasserdunst und Ueberführung in die Zellen würde nur dann eintreten, wenn ein Gleichgewichtszustand zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft und der Pflanze eingetreten

wäre. Dann würden aber auch die Blätter so welk geworden sein, daß die Pflanze an der Grenze ihres Lebens stände. Die Aufnahme von tropfbar flüssigem Wasser durch die Blätter ist möglich, spielt aber sicher nur eine unbedeutende Rolle.

Die Thatsache, daß welke Pflanzen in feuchter Luft wieder saftstrotzend und straff werden, beruht darauf, daß in einer solchen Umgebung die Wasserverdunstung fast ganz aufgehoben ist und die Gewächse Zeit haben, genügende Mengen von flüssigem Wasser aufzusaugen. Das tropfbar flüssige Wasser, welches die oberirdischen Theile und besonders die Blätter benetzt, kann nur in sehr unbedeutenden Mengen direkt eindringen, weil die Blätter mit einer starken Cuticularschicht, d. i. mit einer nach oben zu stark verdickten Zellschicht, bedeckt und außerdem mit wachsartigen Ueberzügen versehen sind. Durch die letzteren wird die Benetzung sehr erschwert. Nur die Rippen der Blätter sind benetzbar, und durch diese kann eine Auffaugung erfolgen, ebenso auch durch die Blattflächen, wenn nach längerem Regen eine Abwaschung stattgefunden hat. Aus den durch Thau oder Regen feucht gewordenen Blättern kann aber weniger Wasser verdunsten, und deßwegen werden sich ihre Zellen damit füllen.

§ 62. Weitaus die größte Menge des Wassers und die zur Ernährung der Pflanzen dienenden Salze werden durch die Wurzeln aufgenommen, und es durchfließt ein stetiger Wasserstrom von unten nach oben die Gewächse, durch den die Ansammlung der im aufgenommenen Wasser befindlichen Stoffe in deren Körper wesentlich befördert wird. Bei den Wasserpflanzen erklärt sich die Aufnahme der gesammten Flüssigkeitsmengen aus dem osmotischen Verhalten, während bei den Luftpflanzen verschiedene Faktoren den Auftrieb der Flüssigkeitsmassen oder des Saftes bewirken. Durch die Wurzeln werden auf osmotischem Wege Wassermengen aus dem Boden aufgenommen und durch den Nachtrieb der immer auf das Neue in die Wurzelzellen eintretenden Flüssigkeitsmassen, wie es nach den Gesetzen der Diffusion der Fall ist, wenn die Flüssigkeiten in und außerhalb der Zellen ungleichartig sind, in die Höhe gehoben. Durch diese Arbeitsleistung, die sogenannte W u r z e l k r a f t, gelangt der Saft in die oberen Gewebstheile der Pflanze, in denen eine capillare Fortleitung eintritt, die ihrerseits wieder durch die Wasserverdunstung mächtig befördert wird.

Die Auffaugung von Wasser durch die Wurzeln ist theilweise unabhängig von der Transpiration. Schneidet man Pflanzen über dem Wurzelstock ab, so tritt aus der Schnittfläche noch längere Zeit hindurch Flüssigkeit heraus, eine Erscheinung, die als Thränen oder Bluten bekannt ist und besonders bei dem Weinstock beobachtet werden kann. Die Kraft, mit der dieser Saftauftrieb erfolgt, ist eine sehr erhebliche. Sie kann zur Anschauung gebracht werden, wenn man eine Quecksilber haltende gebogene Glasröhre, ein Manometer, fest auf das abgeschnittene Stammende aufkittet. Die in dem äußeren Schenkel der Röhre befindliche Quecksilbersäule wird in die Höhe gehoben. Bei einem 18,4 Cm. über dem Boden abgeschnittenen Weinstock wurde in einer geraden, aufgesetzten Glasröhre der Saft 790 Ctm. hoch getrieben. Bei dem Ahorn hat man einen Saftdruck von 47 Fuß Wasser, bei einem Wurzelstück der Birke von 85 Fuß und bei einer Weinrebe von

49 Fuß gefunden. Die Höhe der Säule ist natürlich von der Art, dem Vegetationsstadium, der Temperatur u. s. w. abhängig. Bei unseren einheimischen Bäumen ist das Bluten bei der Birke, dem Ahorn, dem Nußbaum und der Corneliuskirsche beobachtet worden. Die Verdunstung unterstützt und regulirt den Saftauftrieb, der in der nicht verletzten Pflanze nicht so kräftig ist als die Versuche mit abgeschnittenen ergeben. In der unverletzten Pflanze verursacht der aufsteigende Strom eine bestimmte Saftspannung und es kann nur soviel aufsteigen, als durch die Blätter ausgeschieden worden ist. Bei der Wurzelkraft ist die chemische Verschiedenheit der diesseits und jenseits von Membranen liegenden Flüssigkeiten die wahrscheinliche Ursache der Erscheinung; die Transpiration wird bedingt durch das Bestreben des Wassers, Dampfform anzunehmen und beide Wirkungen werden besonders durch Diffusion oder genauer durch osmotische Prozesse ermöglicht. Als ursächlich veranlassende Kraft ist aber die Capillarität oder Haarröhrchen-Anziehung zu betrachten, eine Adhäsionserscheinung, die ihren Namen dem Steigen von Flüssigkeiten in Haarröhrchen über das Niveau derselben in den Behältern verdankt. In den Stamm- und Stengeltheilen der Pflanzen finden sich capillare Räume, die mit einander in Verbindung stehen und zur capillaren Saftleitung sehr geeignet sind. Den capillaren Kräften kömmt eine bedeutende Leistungsfähigkeit zu, und der Stamm wird, wenn seine oberen Theile Wasser ausscheiden, wie eine Art Lampendocht wirken und zu einer steten Emporhebung von Flüssigkeitsmengen dienen.

§ 63. Durch Zusammenwirken der Wurzelkraft, der Transpiration und der capillaren Kräfte wird die Stoffaufnahme und deren Auftrieb vermittelt. Dabei wird die Bodenflüssigkeit nicht in unveränderter Mischung von den Wurzeln eingesaugt, sondern je nach der Art der Pflanze und deren Bestandtheilen mehr oder weniger umgewandelt. Aus einer verdünnten Lösung nehmen die Pflanzen relativ mehr Salz auf als aus einer concentrirten, und häufig übt die Anwesenheit eines Salzes auf die Aufnahme eines anderen einen wesentlichen Einfluß aus. Die einzelnen Pflanzennahrungsmittel verhalten sich bei der Osmose sehr verschieden. Sehr leicht diffundirt Kaliumnitrat und Natriumnitrat, ihnen nahe steht der Kalksalpeter, weniger leicht vermögen die Chloralkalien durch die Membrane zu dringen, schwieriger noch die schwefelsauren Alkalien und noch schwerer die Verbindungen der Phosphorsäure mit den Alkalien und dem Kalk, der Gyps, Kieselsäure und Silikate. Calciumbicarbonat und humussauere Alkalien widerstehen den osmotischen Vorgängen und vermögen die Zellwände nicht zu durchdringen.

Besonders die Verzweigungen der Wurzeln sind dicht mit Wurzelhaaren besetzt, und die Wurzelendungen sind nicht mit Oberhautgewebe bedeckt. Treten solche Wurzelzellen mit der Bodenlösung, die von den kleinsten Bodentheilchen festgehalten wird, in Berührung oder befinden sich Wurzelhaare in denselben, so diffundiren die gelösten Stoffe in der angedeuteten Weise schneller oder langsamer in die Zellen hinein und von hier aus weiter in die benachbarten Organe.

Würde in den Blättern Kaliumnitrat stark zersetzt, so würden beispielsweise die davon erschöpften Zellen eine Osmose aus den Nachbarzellen und

diese wieder aus den naheliegenden tieferen, und so fort bis zu den Wurzelzellen veranlassen, und das betreffende Salz würde rascher emporgetrieben werden. (Die Diffusion einer Verbindung kann ruhig neben der einer anderen verlaufen; Zuckerwasser und salpetersaueres Kali diffundiren neben einander, ohne sich zu stören).

Allgemeiner ist noch folgender Vorgang. Das Plasma in den Wurzelzellen bewirkt, daß Wasser aus der Umgebung in die Wurzelzellen diffundirt und mit diesem die darin gelösten Stoffe. Durch die Transpiration ist der Inhalt der Blattzellen concentrirter geworden und diese werden den benachbarten Zellen Zellflüssigkeit, also Wasser und darin gelöste Verbindungen, entziehen. So entsteht ein Flüssigkeitsstrom von Zelle zu Zelle, bis zu den Wurzeln hinab, und indem so in den Wurzelzellen der Inhalt concentrirter, oder das Plasma wasserärmer wird, nehmen sie aus dem Boden neue Wassermengen mit den darin gelösten Stoffen auf. Ist die Wasserverdunstung der Pflanzenblätter eine beträchtliche, so wird auch die Aufnahme der Bodenlösung von Wasser und den darin gelösten Salzen eine große sein und es kann eine Luxusconsumtion eintreten, d. h. die Pflanzen können mehr Nährstoffe aufnehmen, als sie zu verwenden vermögen. Die schwer oder nicht diffundirbaren Stoffe nennt man Colloide, die leicht diffundirbaren Krystalloide. — In der Rinde und besonders in den dünnwandigen Siebzellen der Bildungsgewebe strömt ein Theil des in den grünen Organen assimilirten Saftes wieder abwärts, „absteigender Saftstrom", und bewirkt die Verlängerungen und Neubildungen der Wurzeln.

Wenn sich Wurzelspitzen und Wurzelhaare dicht an die kleinsten Erdtheilchen anlegen, so können die in der Substanz der Zellenmembran und des Zellsaftes enthaltenen organischen Säuren und deren Salze die Zellwände durchdringen, lösend auf die Erdpartikelchen einwirken und Nährstoffe, die in Wasser unlöslich sind, zur Auflösung bringen. Die gelösten Stoffe werden dann von der feuchten Membran aufgenommen und können in die Pflanze hinein diffundiren. Auf polirten Platten von Marmor, einige Zoll hoch mit Sand bestreut und gehörig feucht erhalten, ließ man Pflanzen wachsen und fand, daß überall, wo die Wurzeln mit der Platte in Berührung gekommen waren, sich Eindrücke und Vertiefungen gebildet hatten. Die Platten erschienen wie geätzt. Die Versuche gelingen auch, wenn man Platten von Dolomit, Magnesit, Osteolith mit feuchtem Quarzsand bedeckt und Pflanzen darin wachsen läßt. Die Eindrücke und Aetzungen in den Platten können nur dadurch entstehen, daß die Wurzeln eigene Säuren ausscheiden, welche die in Wasser unlöslichen Plattenbestandtheile lösen und für die Pflanzenwurzeln aufnehmbar machen. Es ist hiermit der Beweis geliefert worden, daß die in den Wurzeln enthaltenen sauren Pflanzensäfte von dem wesentlichsten Einfluß für die Ernährung sind, da unstreitig in ihrer Einwirkung auf das die Wurzeln umgebende Gestein eins der bedeutendsten Momente für das Nutzbarwerden desselben zu erkennen ist und sie vorwiegend mit beitragen, die Rohstoffe unseres Planeten in den Kreislauf des organischen Lebens einzuführen.

Bei dem Ausziehen von Pflanzen aus fruchtbarem Boden findet man

die Wurzeln dicht mit Erde umgeben und die einzelnen Theilchen sind so innig mit den Wurzelhaaren verwachsen, daß sie sich nicht abschütteln lassen, ohne



Fig. 17.

Fig. 18.

eine Zerreißung der Wurzelhaare herbeizuführen. Die Figuren 17 und 18 zeigen derartige Verwachsungen. Bei solchen innigen Berührungen wird die Wurzel nicht nur aus der Flüssigkeit, die in Folge der Flächenanziehung und Absorptionsfähigkeit der Bodentheile festgehalten wird, Salze aufnehmen, sondern auch durch ihre sauren Ausscheidungen lösend auf die Mineralbestandtheile einzuwirken vermögen.

Um diese Vorgänge experimentell zu veranschaulichen, kann man, wie in Fig. 19, auf eine Membran, am besten Pergamentpapier, die über einen Glascylinder gebunden ist, ein Stückchen Kreide k legen und diesen in ein größeres Glasgefäß eintauchen. Glasgefäß und Cylinder werden mit Wasser, welches durch etwas Essig sauer gemacht worden ist, gefüllt, so daß die Membran sich damit sättigen kann. Die verdünnte Essigsäure wird die Kreide aufnehmen und in der Flüssigkeit läßt sich der gelöste Kalk durch etwas zu=

gesetztes oxalsaures Ammoniak leicht erkennen. Es entsteht ein weißer Niederschlag von oxalsaurem Kalk, welcher schlagend beweist, daß ein Theil der Kreide gelöst worden, und die Lösung durch die Membran hindurchgedrungen ist.

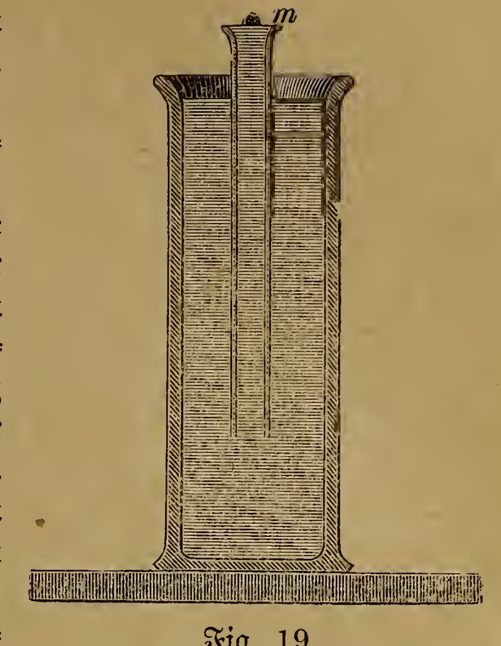


Fig. 19.

Bei den Pflanzen können ganz ähnliche Verhältnisse auftreten und auch feste Körper vermögen zur Ernährung zu dienen, wenn die Wurzeln nur unmittelbar damit in Berührung treten. Je reicher die Bewurzelung ist und je ausgedehnter die Berührung der Wurzeln und der Erdtheilchen stattfindet, um so größeren Nutzen werden die Pflanzen aus dem vorhandenen Bodengemisch zu ziehen vermögen.

§ 64. Die Neubildung und Ernährung der Pflanzengewebe und der Pflanzenorgane beruht auf der Zufuhr von organischen Stoffen und besonders von Kohlehydraten und Eiweiß, aus denen zunächst neue Zellen entstehen können. Durch die Blätter und grün gefärbte Pflanzentheile werden besonders die gasförmigen Nahrungsmittel aufgenommen, durch die Wurzeln das Wasser und die darin gelösten Mineralbestandtheile. Die luftförmigen Verbindungen dringen durch die Spaltöffnungen in die Athemhöhlen, verbreiten sich in die Luft und Intercellulargänge und diffundiren schließlich in die Zellen, in denen sie mit den auf anderen Wegen angelangten flüssigen Stoffen zusammentreffen. Unter dem Einfluß des Lichtes erfolgt die Assimilation, und die neugebildete organische Substanz wandert nach verschiedenen Orten, um als Bildungsmaterial für die verschiedenartigen neuentstehenden Pflanzentheile zu dienen.

Die wichtigsten Wege für die Wanderung der organischen Substanz in der Längsrichtung der Pflanze sind die in den Gefäßbündeln liegenden Siebzellen und Gefäße. Diffusion, Schwere und Gewebespannung sind die Hauptfaktoren für ihre Bewegung. Je nach der Organisation und den äußeren Bedingungen wirken sie in verschiedener Weise und bedingen die große Mannigfaltigkeit, die uns bei der Entwicklung der Gewächse und ihrer Organe entgegentritt.

Die organische Bildungssubstanz vermag nur schwierig durch die Zellwände hindurch zu diffundiren, und ihre Bewegung würde sehr langsam sein, wenn sie stets Zellenmembran zu passiren hätte. In den Siebzellen und Gefäßen ist dies nicht der Fall. Die Gefäße sind lang fortlaufende Zellenreihen, deren Innenwände durchbohrt sind. Bei den Siebzellen ist es ähnlich; es sind dies lange Zellenstränge, deren Querwände mit Poren und Löchern versehen sind, durch welche Eiweißkörper leicht hindurchgehen können. Näher auf diese Verhältnisse einzugehen, führt hier zu weit und muß der speciellen Pflanzenphysiologie überlassen werden.

8. Kapitel. Die Abhängigkeit des Pflanzenlebens von der Wärme, dem Licht und der Schwerkraft. Die Vermehrung und Fortpflanzung der Gewächse.

§ 65. Die Entwicklung und das Gedeihen der Pflanzen ist nicht allein abhängig von der Anwesenheit und Aufnehmbarkeit der Nahrungsmittel, sondern auch von äußeren Einflüssen und zunächst von dem Vorhandensein einer gewissen Temperatur. Die Lebenserscheinungen können nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen verlaufen und kein Organismus kann dieselben weder nach oben oder unten überschreiten ohne dem Tode zu verfallen. Diese Temperaturgrenzen sind für die einzelnen Pflanzen und die einzelnen Lebensvorgänge derselben verschieden und gewöhnlich ziemlich weit von den Temperaturgraden entfernt, bei denen die Körperbestandtheile zerstört, oder in andere Zustände umgewandelt werden: auf der einen Seite von der Temperatur, bei welcher das Wasser, dieser verbreitetste Körperbestandtheil, erstarrt, auf der andern von der, bei welcher das Eiweiß gerinnt, und dadurch unfähig wird seine Funktionen zu erfüllen.

Die Sauerstoffausscheidung von Nadelhölzern erlischt bei $+ \frac{1}{2}°$ C., bei einigen Gräsern bei $+1\frac{1}{2}°$ und erfolgt also noch bei sehr niederen Temperaturen. Die Plasmaströmungen hören nach unten in den Haaren des Kürbis bei 10—11°, nach oben bei 46—47° C. auf. In den Fäden von Nitella syncarpa nach oben bei 37, nach unten bei einer Temperatur des umgebenden Wassers von 0°. Für den Keimungsprozeß werden als Grenztemperaturen angegeben:

bei der	Bohne	9,4	und	43,7	Grad	Cels.
„ „	Pferdebohne	6,1	„	40,0	„	„
„ „	Wasserrübe	5,0	„	46,0	„	„
„ „	Kresse	5,0	„	46,0	„	„
„ „	Erbse	6,8	„	38,7	„	„
„ dem	Mais	9,2	„	46,0	„	„
„ „	Weizen	5,0	„	40,0	„	„
„ der	Gerste	5,0	„	40,0	„	„
„ „	Samenrose	7,1	„	40,0	„	„
„ dem	Kürbis	12,5	„	46,0	„	„

Eine Temperatur von 28—32° C. ist für die Keimung der genannten Sämereien die günstigste, bei 0—1° vermögen Weizen, Gerste, Hafer, Raps, Bohnen u. a. gar nicht zur Keimung zu gelangen. Roggen, Hanf, Wicken und Erbsen keimen dabei, vermögen aber nicht über die ersten Stadien hinauszukommen, während Senf, Leindotter, Rothklee, Luzern schon bei so niederen Temperaturen ein fortdauerndes Wachsthum der Würzelchen zeigen. Bis zu einer bestimmten Grenze geht die Keimung um so rascher vor sich, je höher die Temperatur ist, natürlich nur dann, wenn die nöthige Feuchtigkeit vorhanden, und es sollte bei dem Säen darauf Rücksicht genommen werden. Auch die Tiefe des Unterbringens ist nicht ohne Einfluß auf die Keimung. Im Allgemeinen haben sich die Urtheile über die zweckmäßigste Unterbringungsweise

des Saatgutes geklärt und die Ansicht, daß einem seichten Aussäen in den meisten Fällen vor dem Tiefunterbringen der Vorzug gebührt, ist, wie sie es verdient, die herrschende geworden. Auch bei trockenem Wetter und in trockenem Boden hat ein flaches Unterbringen der Getreidefrüchte die besten Resultate mit sich gebracht. Ein ganz seichtes Unterbringen in der Tiefe von 0,01 M., wie es in der Praxis wohl nur selten geschieht, hat sich dagegen nicht bewährt. Die Getreidekörner sind dabei augenscheinlich zu sehr exponirt, trocknen am Tage zu rasch aus und finden in der obersten dünnen Erdschicht, die, wenn sie auch durch den Thau zunächst am stärksten befeuchtet wird, doch stets sehr schnell wieder trocken wird, nicht, oder nur sehr unvollkommen die zur Keimung nöthige Wassermenge. Bei einer Tiefe von 0,02 bis 0,03 M. (ca. 1—1¼ Zoll) ist dies schon anders. Bei reichlichen Thauniederschlägen und den hygroskopischen Eigenschaften der Erden wird der Boden in solchen Tiefen, vorzüglich wenn er locker und durchlässig, nicht viel weniger durchfeuchtet werden als die oberste Decke desselben, er wird aber, da er dem direkten Einfluß der Luft weniger ausgesetzt ist, die Wassermengen besser festzuhalten vermögen, als jene und dem Saatgut ausgiebiger die zur Erweichung und zum Aufquellen nöthige Feuchtigkeit bieten. Bei 0,04 M. Tiefe erfolgt im trockenen Boden die Keimung schon unregelmäßiger und langsamer, weil die atmosphärischen Niederschläge nicht stark genug sind, um die Ackerkrume bis dahin gleichmäßig zu tränken. In erhöhtem Maße ist dieses der Fall bei 0,07 M. Tiefe, eine Tiefe, die erfahrungsgemäß und nach vorliegendem Resultate für die Bestellung schon etwas zu groß ist und wohl nur bei losem Boden noch zulässig sein dürfte. Als Saatgut verdient das todtreife oder überreife dem reifen und gelbreifen gegenüber keinen Vorzug. Bei der Keimung selbst wird viel Wärme frei; sie ist ein Oxydationsvorgang, bei welchem die Sonnenbestandtheile eingreifend zersetzt werden und der mit einer Ausscheidung von Kohlensäure und geringeren Mengen von Ammoniak verbunden ist. Die Dauer der Keimkraft ist bei den verschiedenen Samen sehr schwankend.

In Eiskellern hat man keimende Samen von Gerste und Ahorn gefunden.

§ 66. Die Pflanzen sind um so empfindlicher gegen den Temperaturwechsel, je rascher und üppiger sie sich entwickeln. In Zeiten, wo die Lebenserscheinungen der Pflanzen sehr herabgedrückt sind und ihr Stoffwechsel auf ein Minimum beschränkt ist, wie in überwinternden Knospen, sind sie sehr widerstandsfähig gegen äußere Eindrücke und vertragen Hunger, Kälte und Wärme ungleich besser als die Thiere. Die Samen von Fichten, Schwarzföhren, Lerchen, können bis auf 70° erhitzt werden, ohne ihre Keimkraft zu verlieren und der Frost schadet bekanntlich trockenen Sämereien nicht. Im Frühjahr, wo die Funktionen der Pflanzen mit der größten Energie verlaufen, werden sie am leichtesten durch Temperaturextreme geschädigt.

Der Tod durch zu niedrige Temperatur ist das Erfrieren. Er erfolgt aber im Allgemeinen nicht bei dem Gefrieren, sondern bei dem Aufthauen, und Pflanzen können gefrieren und förmlich zu Eis werden, ohne daß sie zu erfrieren brauchen. Bei dem Sinken der Temperatur unter 0° erstarrt die Flüssigkeit in den Pflanzen zu Eis; dies erfolgt gewöhnlich so langsam, daß den dehnbaren Geweben Zeit bleibt, sich in dem Maße zu erweitern, wie es

die bei dem Erstarren des Wassers eintretende Raumvergrößerung verlangt. Es tritt dabei in der Regel keine Beschädigung ein und die Pflanzen brauchen nicht zu erfrieren, wie dies die Wintersaaten, Gemüse, Sträucher u. s. w. beweisen. Gewöhnlich erfolgt das Tödten erst bei dem Aufthauen und zwar besonders leicht bei dem raschen, z. B. unter der wärmenden Einwirkung der hochstehenden Frühlingssonne, während die Gefahr nicht so groß ist, wenn ein bedeckter Himmel dieselbe abschwächt. Das Tödtende bei dem Erfrieren scheint weniger auf einem Zerreißen der Zellen, vielleicht in Folge einer zu raschen Wasserströmung, sondern mehr auf einer Desorganisation und Veränderung der Zellwand zu beruhen. Die letztere bedingt eine vergrößerte Durchdringlichkeit (Permeabilität) der Zellenmembrane, in Folge deren der Zellinhalt austritt.

Eine erfrorene Kartoffel läßt sich so ausdrücken, daß nur noch eine trockene faserige Masse zurückbleibt, und erfrorene Pflanzentheile zeigen nach dem Aufthauen ein welkes Ansehen. Gefrorene Gewächse lassen sich häufig durch Einlegen in eiskaltes Wasser und durch sehr langsames Aufthauen retten. Die in der Erde befindlichen Wurzeln erfrieren nur selten, weil sie von der Erde vor dem zu raschen Aufthauen geschützt werden. Die verschiedenen Pflanzen zeigen aber hierbei große Verschiedenheiten, wie sie überhaupt in sehr wechselnder Weise widerstandsfähig gegen niedere Temperaturen sind.

Nicht selten werden Bäume mechanisch durch den Frost geschädigt, indem in ihnen Risse und Spalten, sog. Frostspalten entstehen, oder die Rinde und das Splint abgelöst wird. Theilweise können diese Beschädigungen direkt auf die Thaten des Eises zurückgeführt werden, theilweise aber beruhen sie auf der ungleichen Erwärmung und Abkühlung der Pflanzen. Kühlt sich der Stamm rasch ab und können die inneren Holzschichten sich nicht so rasch zusammenziehen als die äußeren, so wird der Umfang der Rindentheile zu eng für den inneren Holzkörper, und Rinde und Splint müssen an einzelnen Stellen springen. Niedere Temperaturen können auch störend wirken, ohne geradezu tödtlich zu sein. Die Blätter der Kiefern, Tannen, Eiben und des Wachholders nehmen im Winter eine dunklere Farbe an und erscheinen wie abgestorben, wie denn auch Störungen der Pflanzenfunktionen schon bei Temperaturen eintreten können, die über dem Gefrierpunkt liegen.

Das sog. Auswintern der Saaten erfolgt besonders häufig, wenn der Boden, ohne mit Schnee bedeckt zu sein, wiederholt gefriert und aufthaut. Er wird dadurch auseinander getrieben und gehoben; dabei reißen die Wurzeln der Pflanzen theilweise ab und werden beschädigt. Nach dem Thauen sinkt die Erde zusammen, die Pflanzen aber bleiben gehoben und kommen fast außer Berührung mit derselben. Ferner leiden die Pflanzen sehr durch den Luftmangel, wenn der Schnee in Folge von Thauwetter eine Kruste erhalten hat und der Boden unter derselben nicht gefroren war; sie bekommen ein krankes, wie verschimmeltes Aussehen. Je feuchter ein Boden ist, um so näher liegt die Gefahr des Auswinterns.

Um möglichst davor geschützt zu sein, wählt man solche Pflanzen und Bäume, die widerstandsfähig genug sind, und sucht durch zeitige und lichte Saat die Gewächse vor dem Eintritt des Winters zu kräftigen. Drainiren, Planiren und die Anlage von Wasserfurchen, durch welche die Anhäufung von

Wasser beschränkt wird, sind Vorbeugungsmittel, die aber natürlich keinen unbedingten Schutz gewähren.

Eine Schneedecke von 25 Ctm. schützt die Wintersaaten vollkommen und schon bei einer solchen von nur 5 Ctm. wird die Temperatur des Bodens bedeutend höher sein als die der Luft. Bei — 10° Lufttemperatur zeigt der mit Schnee bedeckte Boden oftmals nur 1—3 Grad Kälte. Gegen die Spätfröste im Frühjahr suchen sich die Gärtner durch Bedecken der Beete mit Matten und andere Maßregeln zu schützen, die für den Landwirth aber nicht ausführbar sind. Dagegen werden in manchen Gegenden große rauchende Feuer auf den Grundstücken angebrannt, die vor dem Froste geschützt werden sollen. Der dicht über das Feld ziehende Rauch und Dunst vermindert die Ausstrahlung von Wärme und schützt daher vor dem Erfrieren. Bei den meisten Pflanzen fällt das Erfrieren nicht mit dem Eispunkt zusammen und hat mit der Eisbildung im Innern derselben nichts zu thun.

§ 67. Das Wärmebedürfniß der Pflanzen ist sehr verschiedenartig, und alle besitzen eine obere Temperaturgrenze, bei deren Ueberschreitung sie zu Grunde gehen. Die letztere fällt ebensowenig mit dem Siedpunkt des Wassers oder mit der Wärme, bei welcher das Eiweiß gerinnt, zusammen, wie das Erfrieren der Pflanzen mit dem Eispunkt. Bei uns werden direkte Beschädigungen der Gewächse durch zu hohe Hitze wohl kaum auftreten. Bei höheren sowohl, als auch bei niedern Temperaturen können die Lebenserscheinungen der Pflanzen aufhören bemerkbar zu werden, ohne daß der Tod zu erfolgen braucht. In vielen Fällen können sie auf das Neue eintreten, wenn die dazu erforderliche Temperatur wieder hergestellt ist. Das völlige Erlöschen der Lebenserscheinungen hängt neben dem Grade der Ueberschreitung der Temperaturgrenzen besonders von der Schnelligkeit ab, mit der die normalen Verhältnisse zurückkehren; je langsamer Letzteres geschieht, um so größer ist die Aussicht, die Pflanzen zu retten.

Die meisten unserer Culturpflanzen unterliegen schon einer Wärme von 51°, wenn sie dieselbe auch nur 10 Minuten ertragen müssen. Manche niedere Pflanzen können aber sehr hohe Temperaturen ertragen, ohne in ihrer Entwicklung gestört zu werden.

In den heißen Karlsbader Quellen sind Leptothrix-Fäden bei 44—54° gefunden worden, und in den noch wärmeren Quellen auf Island hat man lebende Conferven bemerkt. Auf der andern Seite bedürfen manche Pflanzen nur sehr geringer Wärme, um ihre Funktionen zu vollziehen. Manche Alpenalgen, wie Soldanella alpina, blühen unter dem Schnee, indem sie eine kleine Höhle um sich herum bilden. Die Thatsache, daß die Pflanzen besonders empfindlich sind, wenn ihre Gewebe viel Wasser enthalten, während sie trocken große Widerstandsfähigkeit zeigen, kann durch viele Beispiele belegt werden. Eingequellte Samen gehen durch den Frost leicht zu Grunde, trockene widerstehen in hohem Grade. Aufgequollene Erbsen starben bei + 54°, trockene ertrugen 69°, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüßen; Pilzsporen können 120° ertragen und bleiben keimfähig. Gekeimt, oder im feuchten Zustand, verlieren sie ihre Keimfähigkeit bereits bei 80°. Dasselbe gilt auch für niedrige Temperaturen; trocken ertragen sie dieselben, feucht gehen sie dabei zu Grunde.

Wie die Wärmeverhältnisse im Großen und Ganzen die Vertheilung der Pflanzen auf der Erde bedingen, so regeln und bestimmen sie auch an einem und demselben Ort den Verlauf der Vegetation.

In den gemäßigten Zonen ist der Temperatur-Unterschied zwischen Winter und Sommer besonders groß und die Wärme, welche den Pflanzen zur Verfügung steht, sehr verschieden. Diesen Verhältnissen hat sich unsere Vegetation angepaßt, und die wichtigsten Lebenserscheinungen der Pflanzen verlaufen im Sommer, während das Ueberwintern gewöhnlich in einem ruhenden, wasserarmen Zustand erfolgt, in welchem sie gegen die Kälte sehr unempfindlich sind. Nur einige sehr widerstandsfähige Pflanzen setzen auch im Ueberwintern einen Theil ihrer vegetativen Prozesse fort, wie Epheu, Stechpalme, Wintergrün und die meisten Nadelhölzer. Die Geschwindigkeit und die Intensität der Lebenserscheinungen sind der Wärmezunahme nicht proportional. Die Keimwurzeln des Weizens, der Gerste und der Erbsen erreichen ihre größte Geschwindigkeit bei 23° Cels.

Je mehr man sich den Polen nähert, um so vollkommener ist die Winterruhe; nähert man sich dem Aequator, so mehrt sich die Zahl der immergrünen Pflanzen. In Italien ist die Vegetation im Winter noch nicht üppig, und viele grüne Organe haben eben nur die Fähigkeit die kalte Jahreszeit zu überdauern. Weiter südlich verschwindet der vegetationslose Charakter des nordischen Winters immer mehr bis zu den Breitegraden, in denen der Winter die zur Pflanzenentwicklung günstigste Zeit ist und die Sommerhitze der Pflanzenwelt nachtheilig wird. Je mehr man sich den Polen nähert, um so größer wird der Einfluß der Jahreszeiten auf die Pflanzen, während unter den Tropen diese Gegensätze verschwindend klein werden. Die Drehung der Erde um ihre Axe bedingt bekanntlich den Wechsel von Tag und Nacht; die Nächte sind kälter und lichtarm, und die Pflanzen hängen hinsichtlich des Verlaufes ihrer Lebenserscheinungen im Allgemeinen davon ab. Durch die Bewegung der Erde um die Sonne entstehen die Jahreszeiten. Die Erwärmung der Erde hängt von den senkrechter oder schräger einfallenden Sonnenstrahlen ab, und jede Gegend müßte eine immer gleiche Temperatur haben und Tag und Nacht müßten überall gleich lang sein, wenn die Erdaxe auf ihrer Bahn zur Sonne senkrecht stände. Die Erdaxe ist aber bekanntlich gegen die Erdbahn in einem Winkel von $66^1/_2{}^0$ geneigt und dadurch entstehen die großen Verschiedenheiten in der Temperatur für die einzelnen Orte der Erde.

§ 68. Die geographische Verbreitung der Pflanzen wird von den gesammten klimatischen Verhältnissen der Länder und Gegenden und nicht allein durch die Wärmeverhältnisse regulirt. Bekanntlich werden die Orte, welche eine mittlere gleiche Jahreswärme haben, durch Linien verbunden, die man Isothermen nennt. Diese laufen aber nicht den Breitengraden parallel, sondern weichen von denselben bedeutend ab, weil auch die Beschaffenheit der Erdoberfläche und nicht nur die Entfernung vom Aequator einen großen Einfluß ausübt. Die Nordgrenzen der Culturgewächse laufen aber auch nicht mit den Isothermen parallel. Der Verlauf der Linien zeigt, daß von einem Parallelismus keine Rede sein kann. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, daß eine und dieselbe Jahrestemperatur sehr

ungleichen Wärmegraden in den verschiedenen Vegetationsperioden entsprechen kann. Bei unseren einjährigen Culturpflanzen wird es fast nur auf die Sommertemperatur hinsichtlich ihrer nördlichen Verbreitung ankommen. In Europa wird die Wärmevertheilung sehr beeinflußt durch den Golfstrom, und der Einfluß des continentalen Klimas mit hoher Sommer- und niedriger Wärmetemperatur und des Seeklimas, welches die Temperatur-Gegensätze mehr ausgleicht, macht sich in hervorragender Weise geltend. Oertlich spielt dabei noch die Erhebung über dem Meere, die Art und die Gestaltung der Bodenoberfläche eine große Rolle, da die Sonnenstrahlen um so intensiver wirken, je senkrechter sie auffallen, und nicht direkt, sondern nur durch Ausstrahlung der Erde erwärmen.

Da die Gerste die kürzeste Vegetationszeit hat, so dringt sie am weitesten gegen Norden vor und hat den größten Verbreitungsbezirk. Man findet sie vom Aequator bis zum 70. Breitegrad. Am Himalaja wird sie bis zu 14000′ Höhe, in Schweden nur bis zu 300′ gebaut. Der Roggen soll in Norwegen noch bis zum 65.^{0} angebaut werden. In warmen Ländern steigt sein Anbau bis zu beträchtlichen Höhen, schon in Frankreich bis zu 6600′. Die Polargrenze der Weizencultur erstreckt sich vom nördlichen England über das nördliche Deutschland. Der Sommerweizen wird an der Küste von Norwegen und in Rußland noch bei 61 und 62^0 n. B. gebaut. Brodfrucht wird der Weizen in Südengland und von Frankreich an nach Osten zu bis an das kaspische Meer. Am Aequator baut man ihn noch bei 10000 Fuß Höhe, in Frankreich bis zu 5400′, in Mexiko bis zu 3000′. Die nördliche Grenze des Hafers trifft in Rußland mit der des Roggens, in Schottland mit jener des Weizens zusammen. Ziemlich eben so hoch reicht der Buchweizen. Der Mais reicht bei uns bis zu 49^0 nördlicher Breite. Er liebt besonders das feuchte und warme Klima der Tropen. Einen großen Verbreitungsbezirk hat die Kartoffel. Sie wird in Lappland bei 71^0 n. B. ebenso gebaut wie in den Ländern am Mittelmeer. In Amerika, Sibirien, Indien, China, Japan und Neuholland wird sie cultivirt und sie soll noch bei 12000′ in manchen Gegenden Amerikas gedeihen. Der Lein wird im mittleren Europa angebaut und erstreckt sich bis nach Livland. Der Hanf ist eine beliebte Culturpflanze in Süddeutschland, Polen, Rußland und Preußen. In Schweden steigt er bis gegen 60^0 n. B. Auch außereuropäische Länder erzeugen ihn. Für den Tabak wird auf der nördlichen Erdhälfte 55^0 n. B., auf der südlichen 40^0 als Grenze angenommen. Der Weinbau wird in Europa nur innerhalb eines eng begrenzten Gebietes von Westen nach Osten betrieben. Die nördliche Grenze erreicht er bei 50—55^0 n. B. In den Alpen steigt er bis 1700′. Die Produktion von so viel Zucker, wie in den Trauben sein muß, bedarf einer so hohen Sommertemperatur, wie sie Länder wie England, trotz ihrer durchschnittlich hohen Jahreswärme, nicht erreichen. Dagegen erträgt der Weinstock ziemlich starke Winterkälte. Daher kann England keinen Wein bauen, während Ungarn mit seinem kalten Winter sehr viel davon erzeugt. Die Polargrenze der Bäume findet sich bei ungefähr 71^0 n. B. Bis dahin reicht die Birke, dann folgen ihr in absteigender Reihe die Kiefer (70^0), die Fichte (67^0), die Eiche (63^0) die Buche (59^0), die Kastanie (47^0).

§ 69. Der Einfluß des Lichtes auf die Vegetation hängt nicht nur von seiner Einwirkung auf die chlorophyllhaltige Zelle (§ 39 und 40) ab; es ist auch von direkter **Bedeutung für die Formbildung der Pflanzen.** Im Dunkeln gezogene und daher bleiche (etiolirte) Pflanzen zeigen oft Mißbildungen und verlängern ihre Stengelglieder häufig um das 10—20fache ihrer natürlichen Größe, während die grünen Laubblätter, die im normalen Wuchs breit und verzweigt sind, außerordentlich klein bleiben und unter Umständen nur 1/20—1/30 ihrer natürlichen Größe erreichen. Pflanzen, die ihr Licht nur von einer Seite her erhalten, zeigen gewöhnlich eine Beugung ihrer oberirdischen Organe dem Lichte zu, und die Blätter haben das allgemeine Bestreben, sich in eine für ihre Thätigkeit günstige Lage zu bringen und sich so dem Licht entgegen zu beugen, daß sie möglichst senkrecht von den einfallenden Strahlen getroffen werden. Je vollkommener dies geschieht, um so intensiver ist die Wirkung des Lichtes.

Pflanzen, die im Fenster stehen, wenden ihre grünen Organe dem Licht zu. Dabei scheint ein schnelleres Wachsthum der Seite, die weniger Licht empfängt, einzutreten, wodurch eine Verkürzung der dem Lichte zugedrehten eintreten muß. Die Erscheinung, daß die dem Lichte zugewandte Seite relativ verkürzt wird und sich dem Licht concav entgegen krümmt, nennt man positiven Heliotropismus. Bei den Gewächsen im Freien kann man das Gleiche beobachten. Die Blattstiele neigen, biegen und drehen sich, bis die Blätter in die möglichst günstige Lage gebracht sind und das Licht möglichst vollständig abfangen können. An schlingenden Stengeln und Ranken hat man die entgegengesetzte Erscheinung, den sogenannten negativen Heliotropismus bemerkt. Es erfolgt bei ihnen eine Verlängerung der dem Licht zugekehrten Seite. Dadurch wird eine Abwendung vom Lichte bedingt, wodurch die schlingenden Organe an den zu umfassenden Gegenstand sanft angedrückt und im Festhalten unterstützt werden.

Das Licht irdischer Lichtquellen, von Lampen verschiedener Art, und das elektrische Licht scheint dieselbe Wirkung zu haben wie das Sonnenlicht, vorausgesetzt, daß Intensität und Brechbarkeit der Strahlen übereinstimmen.

Neben dem Licht ist es die **Schwerkraft**, welche den einzelnen Theilen der Pflanzen ihre natürliche, bald senkrechte, bald horizontale Stellung gibt. Spannungslose junge und weiche Gewebe wie die Wurzeln folgen dem Zug der Schwerkraft und wachsen abwärts, während gespannte Gewebe sich aufzurichten bestreben. Letzteres ist der Grund, weßhalb die Stammspitzen aufwärts wachsen. — Elektrische Kräfte finden sich unter den äußeren Vegetationsbedingungen der Pflanze nicht.

Die Schwerkraft wirkt ununterbrochen auf die Pflanzen und es sind Vorrichtungen in denselben zu erkennen, welche ihren Einfluß mindern, z. B. die Festigkeit des Holzes, die gleichmäßige Belaubung, die Vorrichtungen zum Klettern, die Schwimmapparate schwimmender Pflanzen u. s. w. Näheres hierüber ist in den Lehrbüchern der Botanik und vorzüglich in denjenigen von Sachs nachzulesen.

§ 70. Unter **Vermehrung** der Pflanzen versteht man die Entstehung neuer Gewächse durch einfache Wachsthumserscheinungen.

Als Vermehrungsorgane können alle diejenigen dienen, welche nach ihrer Trennung von der Mutterpflanze im Stande sind, unter sonst günstigen Verhältnissen, sich zu einer neuen Pflanze zu entwickeln. Solche sind: Knospen, Sprossen oder Triebe, Brutzwiebelchen, andere knospenartige Gebilde, oder auch nur einzelne Zellen oder Zellgruppen. Dagegen erfolgt die Fortpflanzung der Blüthenpflanzen stets innerhalb der Blüthe. Die Staubblätter (Staubfäden) und Fruchtblätter (Stempel) wirken in einem Befruchtungsakt zusammen, in Folge dessen sich in dem Fruchtknoten der Same ausbildet, während der letztere selbst zur Frucht wird. Mit der Entwicklung des Samens geht die Ausbildung der jungen Keimpflanze oder des Embryos Hand in Hand, aus dem bei der Keimung die neue Pflanze hervorgeht.

Die Entstehung neuer Organismen ist stets an das Vorhandensein von alten geknüpft, und es steht fest, daß jedes organisirte Gebilde aus einem bereits bestehenden hervorgeht. Dem Gesagten gegenüber steht die Lehre von der Urzeugung, d. h. die Entstehung von organisirten Gebilden aus gestaltlosen unorganischen Stoffen, welche vor allen auch noch in der Landwirthschaft, bei der Lehre von den Pflanzenkrankheiten zu finden ist und vorzüglich durch das scheinbare Entstehen von niederen Pflanzen und Thieren, Pilzen und Infusorien begründet wird. Es ist jetzt aber nachgewiesen, daß jene durch die zahlreichen Keime, welche der Luft beigemengt sind, entstehen und daß die Entstehung unterbleibt, wenn die Keime in der Luft getödtet werden, wenn auch sehr gut angenommen werden kann, daß auch jetzt noch eine Urzeugung stattfindet. Jedenfalls muß aber zu irgend einer Zeit eine Urzeugung stattgefunden haben, da in früherer Zeit die Erdtemperatur zu hoch war, um das Bestehen organischer Körper ermöglichen zu können. Von der Vermehrung und Fortpflanzung der Thiere ist diejenige der Pflanzen wesentlich nicht zu unterscheiden. Das allgemeine Merkmal derselben ist entweder ein Zerfallen des bestehenden Körpers in Theile, die sich von nun an selbständig entwickeln, (Zeugung durch Theilung), oder es spaltet sich von dem Mutterkörper ein selbständig entwickelter Theil ab, welcher entweder mit dem ersteren im Zusammenhang bleibt oder sich von ihm trennt. Ist der sich abspaltende Theil mehrzellig und bleibt er längere oder kürzere Zeit mit dem Mutterkörper in Berührung, so heißt der Vorgang Zeugung durch Knospenbildung. Ist der sich abspaltende Theil nur eine einzige Zelle, welche, wenn sie sich zu einem neuen Organismus entwickeln soll, noch des Zutrittes eines neuen Elementes bedarf, so hat man eine Zeugung durch Eibildung und die Keimzelle heißt das Ei, die Fortpflanzung geschlechtliche Zeugung.

Bei den höheren Thieren und Pflanzen haben wir gewöhnlich nur eine geschlechtliche Fortpflanzung. In dem mütterlichen Organismus bildet sich eine Keimzelle, ein Ei aus. In dieses dringt ein anderes, von einem bestimmten Organ bereitetes, organisirtes Gebilde ein und die Befruchtung ist beendet. Bei den höheren Pflanzen mit sichtbaren Blüthen kann der Stempel oder Pistill als weibliches Organ bezeichnet werden. Am Grunde desselben, in dem Fruchtknoten, bildet sich die Keimzelle aus. Die Staubfäden, an ihren Enden den Blumenstaub, die Pollen tragend, sind die männlichen Organe. Auf dem, an seinem obern Ende mit einer Narbe versehenen und im Innern röhrenförmigen Stempel gelangt der Pollen, als sehr verschiedenartig geformte

Zelle und durch den Kanal innerhalb desselben, den sogenannten Staubweg, zu der Keimzelle im Fruchtknoten. Das Produkt der Befruchtung ist der Keim. Bei den niederen Pflanzen, den Pilzen und Algen, ist die Befruchtung noch besser erforscht. Eine besondere Zelle ergießt ihren, aus beweglichen Flimmerchen bestehenden Inhalt in eine andere, besonders dazu vorbereitete, und befruchtet sie dadurch, d. h. befähigt sie, eine neue Pflanze auszubilden. Bei diesen Pflanzen ist das Produkt der Befruchtung eine Fortpflanzungszelle oder Spore. Sie behält ihre Keimfähigkeit längere oder kürzere Zeit und keimt, wenn sie auf eine geeignete Unterlage kömmt und die äußeren Bedingungen günstig sind. Bei den Blüthenpflanzen wird die durch den Pollen befruchtete Keimzelle durch weitere Zellenbildung zum Keim, d. i. die der Hauptsache nach fertig gebildete Pflanzenanlage, die Umgebung der Keimzelle zum Samen, der Stempel zur Frucht. In den meisten Fällen bedarf der Keim einer bestimmten Ruhezeit, bevor er sich entwickeln kann, man hat aber auch Samen, die sofort keimen, und wieder andere, welche ihre Keimfähigkeit in kürzester Zeit verlieren.

Außer der geschlechtlichen Fortpflanzung, welche besonders zur Erhaltung der Art dient, kommt aber auch eine ungeschlechtliche Vermehrung sehr häufig vor. Sie dient besonders zur Massenvermehrung, überwiegt häufig die erste und besteht darin, daß sich in allen Pflanzengruppen einzelne Zellen durch einfache Vermehrung oder Knospenbildung zu sogenannten Brutzellen ausbilden können. Jede Knospe oder Auge einer höheren Pflanze ist ein auf ungeschlechtlichem Wege entstandenes neues Wesen, und man nennt diese Art der Fortpflanzung „Sprossung" oder Vermehrung. Hierher gehört die Fortpflanzung durch Knollen, Zwiebeln, Pfropfen u. dgl. m. Auch das Ausarten und die Bastardbildung läßt sich durch das richtige Erkennen der Befruchtung erklären. Es ist schon erwähnt worden, daß der sogenannte Blüthenstaub, der Pollen, eine äußerst große Mannigfaltigkeit an Formen zeigt. Durch diese großen Verschiedenheiten der Gestalten der Pollenkörner wird nun eine weitere verschiedene Bewegbarkeit derselben bedingt, welche noch durch andere Verhältnisse vergrößert oder verringert wird. Beispielsweise durch klebrige Flüssigkeiten u. dgl. Besitzen die Pollenkörner eine glatte Oberfläche, wie z. B. diejenigen des Getreides, und haften sie überhaupt nur lose zusammen, so werden sie mit der größten Leichtigkeit durch Wind, Insekten u. s. w. auf andere, auch weit entfernte Pflanzen gelangen, in deren Staubweg eindringen und durch Uebertragen ihrer Eigenthümlichkeiten auf eine andere Pflanze eine Kreuzung und Ausartung derselben hervorrufen. Sind die Pollenkörner glatt und weniger leicht beweglich, so wird man ruhig die verschiedenen Pflanzen neben einander bauen können, ohne eine Bastardirung befürchten zu müssen.

9. Kapitel. **Die Krankheiten der Culturgewächse.**

§ 71. Die Lehre von den abnormen Lebenserscheinungen der Gewächse oder die Pflanzenpathologie zerfällt in die Lehre von den Mißbildungen (Teratologie) und von den Krankheiten der Pflanzen (Nosologie). Die Mißbildungen beruhen theilweise auf einem unnormalen Verhältniß der Gewächse zu der umgebenden unorganischen Natur, theils in Beschädigungen, welche ihnen durch äußere Einflüsse, durch Menschen und Thiere zugefügt werden. Oftmals ist es geradezu

Zweck der Cultur, Pflanzen zu ziehen, die möglichst von ihrer natürlichen Form abweichen, und einzelne ihrer Organe auf Kosten der übrigen zu einer besonderen Entwicklung und Ausbildung zu bringen. So baut man den Kohlrabi wegen seines unnatürlich verdickten Stengels, den Blumenkohl wegen seiner eigenthümlich veränderten Blüthenstände, bei dem Zwerg- und Cordonobst wird der Früchtansatz befördert durch Verkümmerung des Stammes und der Aeste, die Kartoffelcultur beruht auf der monströsen Verdickung der unterirdischen Stengeltheile, und unsere Getreidepflanzen zeigen hinsichtlich ihrer Körnerbildung große Abweichungen von ihren verwilderten Verwandten.

Die durch Licht, Wärme, Feuchtigkeit und Bodenbeschaffenheit bedingten Veränderungen der normalen Beschaffenheit der Pflanzen äußern sich verschiedenartig, theils als Verkümmerung (Fehlschlagen), theils als abnorme Vergrößerung, theils in Verwachsungen von Organen. Die Dornbildung beruht auf einer Verkümmerung von Aesten, Zweigen oder Blättern. Bei den Stachelbeeren erinnert die Gestalt der Dornen an die 3- und 5theilige Blattspreite; bei den Berberizen entwickeln sie sich an der Stelle bestimmter Blätter. Zu armer Boden kann Verkümmerung hervorrufen, zu reicher Boden eine zu üppige Blattentwicklung auf Kosten anderer Organe. Sehr massig entwickeltes Kartoffelkraut verhindert manchmal den Ansatz und die Bildung der Kartoffelknollen. Der Einfluß des Lichtmangels wurde schon erwähnt. Abnormitäten hinsichtlich der Zahl der Organe sind nicht selten. Am Klee finden sich häufig vier Blätter, bei den gefüllten Blumen gehen die Staubblätter in Blumenblätter über u. s. w. Im jugendlichen Alter verwachsen die Pflanzentheile leicht mit einander, wenn sich ihre Cambiumschichten berühren. Die verschiedenen Arten des Veredelns oder Propfens beruhen darauf, und durch Verwachsungen benachbarter Pflanzentheile werden oft sonderbare Mißbildungen hervorgerufen. Die Gestaltveränderungen des Stengels sind meist Verbänderungen, die darauf beruhen, daß sich der Stengel verflacht und dadurch bandförmig wird, oder daß er sich in zahlreiche unregelmäßige Aeste theilt, die seitlich mit der Hauptaxe verwachsen. Gewöhnlich sind die Verbänderungen, die in recht reichem Gartenboden nicht selten sind, mit eigenthümlichen sichelartigen Krümmungen verbunden, wodurch die sonderbaren Gestalten entstehen, die man an Eschen und Weiden besonders häufig findet. Metamorphosen der Blätter sind ganz gewöhnlich, sie sind bald vorschreitende, bald rückschreitende. Die Umwandlung der Blumenblätter in Staubblätter ist eine vorschreitende, das sog. Vergrünen, d. h. das Grünwerden der bunten Blüthenblätter, welches bei den Schmetterlingsblüthen häufig vorkommt, eine rückschreitende Umwandlung. Weitere Formveränderungen können entstehen durch Blüthenauflösungen (die Blüthentheile werden dabei so verändert, daß ihre normale Gestalt nicht mehr erkennbar ist), durch Durchwachsungen, Sprossungen und Knospenbildungen. Bei den Durchwachsungen verlängert sich die Blüthenaxe über die Blüthe hinaus und trägt dort neue Knospen, Blätter und Blüthen. Bei der Ananas und den Rosen ist es häufig. Sprossungen und Knospenbildungen beruhen auf dem Auftreten und Fleischigwerden von knospenartigen Gebilden. Verstaltungen der Blätter können auftreten, wenn das Gleichgewicht zwischen der rechten und linken Blatthälfte gestört wird (bei den Schiefblättern Begonien), oder wenn Unterschiede hinsichtlich der Wachsthumsintensität zwischen den Gefäßbündeln

und den parenchymatischen Geweben auftreten. Dehnen sich die Gefäßbündel stärker als das Parenchym, so werden die Blätter zerrissen und durchlöchert; überwiegt das Wachsthum des Parenchyms, so werden die Blätter kraus (bei den Endivien, Petersilie u. a.).

§ 72. Bei den sog. Sekretionskrankheiten werden Bestandtheile des Pflanzenkörpers und vorzüglich der Zellstoff in Gummi, Harz oder Manna umgewandelt. Durch den Einfluß des Bodens und anderer noch nicht genügend erkannter Ursachen werden diese Krankheiten hervorgerufen und oftmals erst durch äußere Verletzungen veranlaßt. Es sind gewissermaßen nur sehr gesteigerte Erscheinungen von Lebensfunktion der Pflanzen. Durch Entfernung der ausgetretenen und abgeschiedenen Stoffe werden die Saftflüsse oder Saftausscheidungen vermehrt. Bei der Harz- und Gummigewinnung führt man sie durch Verletzungen der Bäume künstlich herbei.

Die Desorganisationskrankheiten bezeichnet man zumeist als Brand oder Krebs. Es sind Umbildungs- und Fäulnißvorgänge, bei denen sich das Zellgewebe in ein braunes, humusartiges Pulver, oder in eine schwarze kohlige Masse, oder auch in jauchige Flüssigkeiten umwandelt. Diese Vorgänge werden hervorgerufen, oder doch wenigstens begleitet von niederen pflanzlichen Organismen, von Pilzen und Algen. Je nach der Erscheinungsform unterscheidet man bei diesen Krankheiten feuchten und trockenen Brand oder Krebs. Der letztere tritt oft zuerst in den innersten Holzschichten auf und wird dann als Kernfäule bezeichnet, die, je nach der Farbe, Roth- oder Weißfäule genannt wird.

Kernfaule Pflanzen und vorzüglich Bäume können noch lange leben und äußerlich ein ganz gesundes Ansehen zeigen; sie sterben erst dann ab, wenn die Cambiumschichten ergriffen werden. Die Desorganisation kann aber auch von Außen beginnen und zwar an solchen Stellen, die verletzt worden sind. Die als Rothfäule bekannte Krankheit der Fichte, die aber auch bei andern Bäumen auftritt, wird durch einen im Innern schmarotzenden Schimmelpilz, Xenodochus ligniperda hervorgerufen. Von den Markstrahlen aus durchwächst er die Holzmasse und zerstört die Intercellularsubstanz und die Zellen selbst. In dem rothfaulen Holz finden sich immer große Mengen von Pilzfäden und Sporen jenes Parasiten.

Von den höher stehenden Pflanzen unterscheiden sich die Pilze dadurch, daß ihnen die sog. vegetativen Organe (Wurzeln, Blätter u. dgl.) fehlen, daß sie demnach ihre Nahrung auf andere Art aufnehmen und daß sie sich auf eine andere Art fortpflanzen müssen als jene. Während bei den höher stehenden Pflanzen das Produkt der Befruchtung, der Keim, innerhalb des Samens ist und die neue Pflanze aus diesem hervorgeht, ist es bei den Pilzen eine einfache Zelle, Spore genannt, und aus dieser geht direkt eine junge Pflanze hervor. Während ferner die höher stehenden Pflanzen ihre Nahrung aus der Luft, dem Wasser und dem Boden entnehmen und sie nur von unorganischen Stoffen leben, können die Pilze ihr Nahrungsbedürfniß nur auf Kosten anderer organischer Wesen, Pflanzen oder Thiere, oder mit von solchen herrührenden Stoffen decken. Es sind Schmarotzerpflanzen, welche allein auf Kosten schon gebildeter organischer Substanzen zu existiren vermögen, indem sie ihnen Stoffe entziehen

und sie gleichzeitig zersetzen. — Die vorerwähnten Pilzsporen, gewissermaßen die Pilzkeime, besitzen nun, und es ist dieses für das Verständniß der Pflanzenkrankheiten wichtig, die Eigenschaft, ihre Keimfähigkeit längere Zeit zu behalten. Sie können im Acker überwintern, ohne sie zu verlieren, und behalten sie unter Umständen sogar mehrere Jahre. Zu den Bedingungen, welche zu ihrer Keimung und Fortpflanzung nothwendig sind, gehört vor Allem Feuchtigkeit und Wärme. Sind diese vorhanden und gelangen die Pilzsporen auf eine Unterlage, welche ihre Entwicklung gestattet, so keimen sie; die Keimschläuche dringen in die Unterlage ein, verbreiten sich in derselben, auf ihre Kosten lebend, und erzeugen endlich abermals keimfähige Sporen. Diese ganze Entwicklung kann ungeheuer rasch gehen und in wenigen Tagen vollendet sein, und wenn man berücksichtigt, daß die Pilze so außerordentlich fruchtbar sind, und daß aus einer einzigen Pilzspore tausend und abermal tausend Pilzpflanzen in wenigen Tagen entstehen können, so erklärt sich daraus, wie ganze Feldstrecken mit einem Male gleichsam als „befallen“ mit Pilzen erscheinen können.

Von nicht geringerer Wichtigkeit als die andauernde Keimfähigkeit der Pilzsporen und ihre rasche Vermehrung ist ihre Eigenschaft, aus einer Form in die andere übergehen zu können. So meint man, daß der den Brand im Getreide erzeugende Pilz unter Umständen aus einem andern Pilz (Aspergillus) hervorgehen kann, welcher im faulenden Holz und Stroh ein ganz gewöhnliches Vorkommen ist. Für das richtige Verständniß der Pflanzenkrankheiten sind diese Entdeckungen von der größten Bedeutung, da sie zeigen, wie es möglich wird, daß man trotz der Anwendung brandfreien Saatgutes oder trotz des Einbeizens des Samens mit Kupfervitriol oder Kalk und der sorgfältigsten Ackerbehandlung brandiges Getreide erhalten kann, wenn innerhalb des benutzten Düngers Pilze enthalten sind, aus welchen Brandpilze hervorgehen können.

§ 73. Die verbreitetsten und verderblichsten Pflanzenkrankheiten werden von Pilzen hervorgerufen, die sich auf den Pflanzen ansiedeln, in deren Zellgewebe eindringen und, indem sie auf Kosten derselben leben, entweder nur eine Schwächung des gesammten Pflanzenkörpers, oder einzelner Organe, oder auch den Tod derselben herbeiführen können. Die Pilzfäden, das Mycelium, d. i. der eigentlich wachsende Theil des Schmarotzers, durchdringen mehr oder weniger die Zellen, ernähren sich durch deren Bestandtheile und veranlassen dadurch ein Absterben derselben. Einige besonders wichtige, hierher gehörige Krankheiten sind der Brand und Rost unserer Getreidearten, der Mehlthau, die Mutterkornbildung, die Traubenkrankheit, die Kartoffelkrankheit u. a. m.

Bei dem Brand des Getreides bildet sich anstatt des Samenkorns eine braune bis schwarze, feinstäubige Masse, die entweder von der Samendecke eingeschlossen oder frei ist. Letzteres ist bei dem sog. Staubbrand, Flugbrand, Rußbrand, Ersteres bei dem Kornbrand, auch wohl Schmierbrand, Stinkbrand, Faulbrand genannt, der Fall. Bei dem großen Schaden, den der Brand und vorzüglich der Kornbrand des Weizens, Tilletia caries, anzurichten im Stande ist, darf man sich nicht wundern, daß die Bemühungen, die wahre Natur desselben zu erkennen, bis in sehr frühe Zeit zurückreichen. Die meisten Forscher führten den Brand auf ungünstige Witterungsverhältnisse und mangelhafte Beschaffenheit des Bodens zurück. De Bary gelang es zuerst, in den vor-

letzten zehn Jahren nachzuweisen, daß die Brandarten wirkliche Schmarotzerpflanzen seien, die in das Innere der Nährpflanze eindringen, sich in ihr entwickeln und so auf Kosten derselben leben, wodurch natürlich das Leben der Mutterpflanze selbst wesentlich beeinträchtigt werden muß.

In der That besteht die ganze schwarze, staubige, gewöhnlich als Brand bezeichnete Masse aus keimfähigen Sporen eines Pilzes, der unter die Gattung Ustilago gehört. Diese Sporen keimen, sobald sie genügende Wärme und Feuchtigkeit finden, mit Leichtigkeit bei Gegenwart von atmosphärischer Luft. Sie behalten aber auch ihre Keimkraft ziemlich lange (bis über zwei Jahre nach Kühn) und können im Ackerboden ungefährdet überwintern. Kommen sie dann bei weiterem Pflügen mehr mit der Luft in Berührung, so keimen sie und das Feld wird Brand enthalten, selbst wenn der Same brandfrei war. Das Eindringen des Keims in die Mutterpflanze geschieht schon in der Jugend der letzteren. Der Keimschlauch stemmt sich direkt gegen die Zellwand und durchbohrt sie, wächst dann mit der aufsteigenden Pflanze nach oben und bildet von Neuem große Mengen von Sporen an den Stellen, wo sich die Früchte ausbilden sollten.

Hat man nun die Ursache des Brandes richtig erkannt, so werden sich auch Mittel finden, denselben zu verhindern. Zuerst sei erwähnt, daß die Pilzsporen im zweiten Jahre anfangen, ihre Keimkraft zu verlieren, und daß man somit zur Aussaat altem Samen den Vorzug in dieser Richtung zu geben hätte. Ferner macht man sie mit Sicherheit unschädlich durch Behandeln des Saatguts mit blauem Kupfervitriol oder Kupfersulfat. Da hierbei ein möglichstes Benetzen jedes einzelnen Kornes nothwendig, so ist ein Einquellen der Körner in die wässerige Auflösung des Kupfervitriols jedem anderen Verfahren vorzuziehen. Auf 275 Liter nimmt man 1 Pfund Kupfervitriol. Der Vitriol wird in Wasser aufgelöst, der Same in geeignete Gefäße gebracht und die Lösung darüber gegossen. Die Lösung muß so weit mit Wasser verdünnt werden, daß die Flüssigkeit vielleicht handhoch über dem Samen steht. Nach zwölfstündigem Stehen wird dieser herausgenommen, flach ausgebreitet und behufs schnelleren Trocknens gewendet. Die Keimfähigkeit des Samens soll nicht leiden, selbst wenn er länger mit der Lösung in Berührung bleibt, während die Keimfähigkeit der Brandsporen sicher aufgehoben wird. Auch durch Anwendung von Kalkbeize werden häufig sehr gute Erfolge erzielt, und hat es nur einige Schwierigkeit, hierbei sämmtliche Samenkörner zu benetzen. Dabei ist aber stets zu beachten, daß man allerdings die Sporen der Körner durch das Beizen tödten kann, nicht aber diejenigen, welche im Acker überwintern, oder die im Dünger, aus welchen Brandpilze entstehen können.

Fig. 20.

Die Gattung Ustilago gehört neben der Gattung Tilletia der Familie der Ustilagineen und diese wiederum der größeren Abtheilung der Staubpilze, so genannt, weil sie staubartig auftreten, an. Fig. 20 zeigt eine Spore, von Tilletia caries, die einen Keimschlauch mit sogenannten Kranzkörperchen getrieben hat. Diese Kranzkörperchen fallen ab und bilden secundäre Sporen, Sporidien oder Conidien, die an den Weizenkörnern haften.

Unter Rost bezeichnet man das Auftreten von Rostpilzen, in Form von kleinen rothen Häufchen an den Stengeln und auf den Blättern vieler

Pflanzen. Die Rostpilze, Uredineen, besitzen ein sehr dünnes, schwer wahrnehmbares Mycelium, welches sich in dem Gewebe der krautartigen Theile verbreitet und dieses theilweise zerstört. Behufs der Fruchtbildung durchdringen solche Fäden die Oberhaut und bilden an der Oberfläche Häufchen von verschiedenartig gestalteten Sporen. Die Rostpilze umfassen mehrere Gattungen, von denen der Becherrost, Aecidium, besonders auf den Berberizen (Sauerdorn) vorkommt. Gelangen die Sporen desselben auf Gräser und besonders auf Getreide, so keimen sie und treiben ihre Keimschläuche durch die Spaltöffnungen in das Innere. Hier beendet sich ein Generationswechsel, und die Schläuche entwickeln sich zu einem Pilz, dessen Fructificationen als röthliche Häufchen einzelliger Uredo-Sporen die Oberhaut durchbrechen. Diese fallen leicht ab, keimen auf der Grasoberhaut auf's neue und können schon nach 6—10 Tagen neue Rosthäufchen erzeugen. Weil der Sauerdorn somit eine Brutstätte der Rostpilze werden kann, ist vor seiner Cultur, in der Nähe von Getreidefeldern, zu warnen. Der Getreiderost wird besonders von Puccinia graminis und Uredo Rubigo bedingt. Die Uredineen werden nach den Pflanzen benannt, auf denen sie vorkommen; sie sind außerordentlich verbreitet.

Auch bei Bäumen kommen Rostpilze vor und veranlassen Krankheiten. Die Gelbfleckigkeit, der Rost der Fichtennadeln, wird von Chrysomyxa abietis, der sogenannte Kienzopf von Peridermium pini veranlaßt. Die Bildung der Hexenbesen oder Kollerbüsche, d. h. große Büschel gedrehter unregelmäßig durch einander geschlungener Zweige, wird ebenso wie auch der Krebs der Tanne auf Peridermium elatinum zurückgeführt und Cacoma pinitorquum soll Verunstaltungen und sogar den Tod junger Kiefern herbeiführen können. Ein anderer Pilz, Exoascus pruni, bedingt die sogenannten Narren oder Taschen der Pflaumenbäume.

§ 74. Die Kartoffelkrankheit wird veranlaßt durch den Kartoffelpilz, Peronospora infestans. Sie beginnt in den meisten Fällen mit einer Erkrankung des Krautes, an dem sich zuerst braune Flecken bilden, die sich rasch vermehren und ein Absterben der Blätter veranlassen. Später erkranken die Knollen und beginnen zu faulen. Dabei unterscheidet man eine Trockenfäule und eine Naßfäule und bezeichnet letztere gewöhnlich als die eigentliche Kartoffelkrankheit. Nur in seltenen Fällen erkranken die Knollen früher als das Kraut. Da die Stärkebildung nur in den grünen Theilen erfolgen kann, so wird durch das zu Grunde Gehen des Krautes die Entwicklung der Knollen gehemmt werden. Ein Schutzmittel gegen die Erkrankung der letzteren ist aber in dem Abschneiden der oberirdischen Theile nicht zu erkennen, da es das Ausstreuen der Sporen nicht verhindert und außerdem die Ernteerträge dadurch sehr vermindert werden. Als Schutzmittel empfiehlt man die Cultur starkschaliger Sorten, die dem Eindringen der Pilzkeime Widerstand entgegensetzen können. Auch das Behäufeln, sowie überhaupt eine stärkere Erddecke soll der Erkrankung etwas vorbeugen.

Manche Arten von Peronospora besitzen die Fähigkeit die Keimschläuche, *c*, der keimenden Sporen, *a*, durch die Zellwand, *b*, in die Zellen zu treiben, wie Fig. 21 zeigt. In den Zellen breitet sich das Mycelium aus und zer-

stört immer mehr und mehr dieselben, bis schließlich die abgestorbenen Zellpartieen als braune Flecken bemerkbar werden. Diese nehmen mehr und mehr überhand und das ganze Blatt geht verloren. In dem Gewebe der kranken Blätter findet man die Myceliumfäden des Kartoffelpilzes fructificirend aus den Spaltöffnungen hervorwachsen, Fig. 22, *c*; an der Oberfläche verzweigen

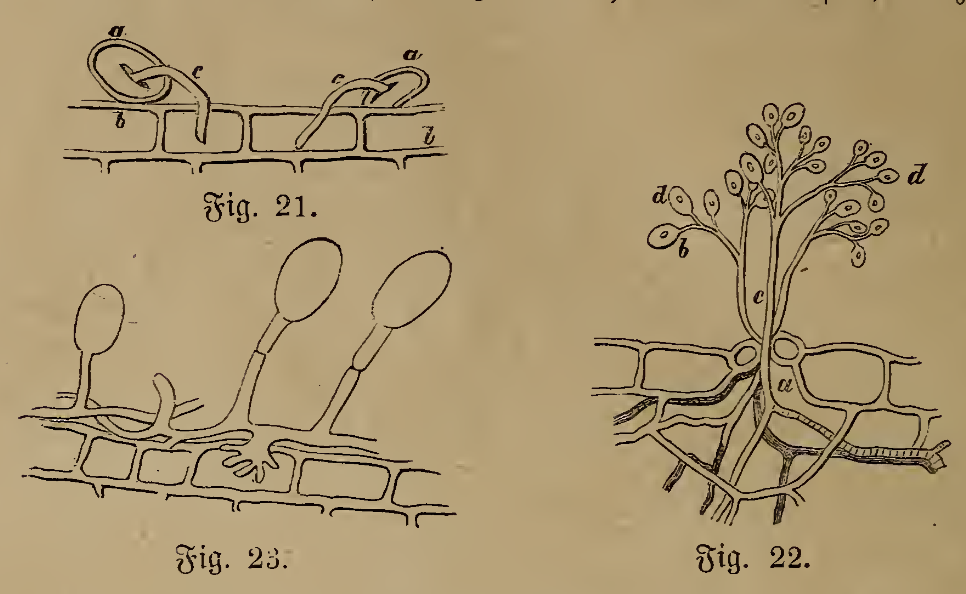


Fig. 21.

Fig. 23.

Fig. 22.

sie sich und tragen auf besonderen Sporenstützen (Basidien), Fig. 22, *b*, die keimungsfähigen Fortpflanzungsorgane *d*. Man hat berechnet, daß auf einer Quadratlinie des Blattes 3000 Sporangien (§ 37) und auf einem zolllangen Stengelstück 90000 Sporen erzeugt werden können. Gelangen solche in großer Menge abfallende Sporen auf die Oberfläche der Knollen, so treiben sie, wenn hinreichende Wärme und Feuchtigkeit da ist, Keimschläuche in das Innere der Kartoffel und geben dadurch Veranlassung zu der Erkrankung der letzteren. Das Gewebe von erkrankten Knollen ist dicht mit Pilzfäden durchzogen.

Weitere, besonders häufig auftretende hierhergehörige Krankheiten sind der Rußthau, der als schwarzer sammtartiger Ueberzug auf den Blättern erscheint und durch verschiedene Fadenpilze und vorzüglich von Torula und Cladosporium bedingt wird. Als Mehlthau bezeichnet man alle weißlichen Ueberzüge erkrankter Blätter. Gewöhnlich werden sie durch verschiedene der Familie der Kernpilze zugehörige Schmarotzer gebildet. Die Gattung Erysiphe kommt häufig vor. In einer anderen Form tritt eine Erysiphe-Art als Oïdium Tuckeri bei der Traubenkrankheit auf. Der Traubenpilz, Fig. 23, wie der letztere kurzweg genannt wird, überzieht die Blätter mit weißen Geweben und befällt die jungen Beeren. In diese treibt er Haftfasern und veranlaßt dadurch ein Stillstehen der Wachsthumsvorgänge. Als Gegenmittel pudert man die befallenen Pflanzen mit Schwefel ein. In manchen Jahren sind über 800000 Centner Schwefel in den europäischen Ländern zu diesem Zweck verbraucht worden.

Die unter dem Namen Mutterkorn bekannte Mißbildung entsteht durch einen Fadenpilz, Claviceps purpurea, der sich in dem Fruchtknoten des Getreides ansiedelt und in dessen Innern ein sogenanntes Sclerotium, d. i. ein knollenförmiges Dauermycelium, erzeugt. Dieses verlängert sich und bildet das Mutterkorn.

Neben diesen bekanntesten gibt es noch eine Menge anderer Krankheiten von Pflanzen, die durch Pilze hervorgerufen werden, über welche in den Werken von Sorauer, Kühn, Hallier nachgelesen werden kann.

§ 75. Neben den Pilzen vermögen auch höhere Schmarotzer Beschädigungen und Krankheiten unserer Culturpflanzen zu verursachen. Von diesen sind die Mistel, Viscum album, die Flachsseide, Cuscuta, die Riemenblume, Loranthus europaeus, die Schuppenwurz, Lathraea, die Sommerwurz, Orobanche, und der Fichtenspargel, Monotropa, die bekanntesten.

Die Mistel lebt recht häufig auf unseren Obstbäumen, die sie durch Eintreiben ihrer Saugwurzeln entkräftet. Die Flachsseidearten sind als verderbliche Feinde der Kleefelder bekannt, kommen aber auch auf anderen Pflanzen, wie Flachs, Hopfen u. s. w. vor. Sie erzeugen Samen, welcher sich den Kleesamen beimengt und nur schwierig von ihnen zu trennen war. Erst seit einigen Jahren sind Maschinen construirt worden, welche eine vollkommene Scheidung bewirken. An den Stengeln der gekeimten Samen sind Saugwarzen, mit denen sich die Flachsseide an den einzelnen Theilen ihrer Wirthe und besonders an den Stengeln des Klees festsetzt. Dadurch wird ein Weiterwachsen auf Kosten der Kleepflanze ermöglicht und der Tod der letzteren herbeigeführt. Indem sich die Cuscuta von Pflanze zu Pflanze weiter rankt, vermag sie ganze Kleeschläge zu vernichten und man muß energisch das erste Auftreten mit Feuer und Spaten bekämpfen. Keinesfalls darf man die Samen reif werden lassen, und es sollte nur seidefreier Samen zur Aussaat benutzt werden. Die Erdwurzeln des sehr lästigen Schmarotzers sterben bald ab.

Die übrigen der oben erwähnten Pflanzen wachsen zumeist auf den Wurzeln anderer und vermögen in den meisten Fällen nicht so unmittelbar nachtheilig zu werden wie die Cuscuta. Von den Orobanchearten kömmt Orobanche rubens, der Kleeteufel, auf dem Klee und Orobanche ramosa, der Hanfwürger, auf dem Hanf vor. Besonders der letztere kann die Hanfcultur erheblich beeinflussen. Der Fichtenspargel ist ein blattloser Schmarotzer, der parasitisch auf den Wurzeln unserer Waldbäume lebt.

§ 76. Durch die Einwirkungen von Thieren und besonders durch Insekten werden ein ganzes Heer von Pflanzenkrankheiten veranlaßt. Es werden zunächst Verletzungen oder Zerstörungen der Gewebe erzeugt, die theilweise nur allgemeine Krankheitserscheinungen hervorrufen, theilweise aber auch den Tod herbeiführen können.

Die Blattläuse und Schildläuse werden dadurch schädlich, daß sie dem Zellgewebe durch Saugen Säfte entziehen. Der Honigthau wird von diesen Thieren tropfenförmig ausgeschieden und sammelt sich als süßliche Flüssigkeit auf den tiefer liegenden Blättern. Durch Verzehren der Blätter werden die Kartoffelkäfer, die Heuschrecken u. a. zur Landplage, dic Rebläuse zerstören die Wurzeln der Reben, und Larven und Raupen vieler Schmetterlinge sind sehr schädlich (Nonne, Engerling). Andere Larven von Käfern, Schmetterlingen und Hautflüglern leben und entwickeln sich im Innern der Pflanzen und beeinträchtigen dadurch dieselben beträchtlich. Die Minir- und Wickelraupen wohnen in Blättern und jungen Trieben, die Larven vieler Käfer im Holze. Die schädlichsten derselben sind die Borken-, Bast- und Splintkäfer, weil ihre Larven gesellig im Bast und Cambiumring des Holzkörpers fressen, wo die

Bildung neuer Holzmasse geschehen soll. Dadurch wird leicht eine Erkrankung der Bäume herbeigeführt, die oft den Tod derselben zur Folge hat. Durch den Fraß oder durch Stiche von Insekten werden oft Mißbildungen und Verkrüppelungen herbeigeführt. In Folge des Aufenthaltes von Blattläusen auf der Unterseite krümmen sich oft die Blätter des Hopfens, des Kohls, der Stachel- und Johannisbeeren blasig zusammen. Andere Arten erzeugen fleischige Auswüchse, in deren Innern man Insekteneier oder Larven findet. Die sogenannten Ananasgallen an der Fichte, die wie junge Zapfen aussehen, entstehen dadurch, daß kleine Insekten aus der Gattung Chermes die Knospen anstechen. Dadurch bildet sich an dem Grund einer jeden Nadel ein fleischiger Höcker, welcher sich später zweiklappig öffnet und die Brut dieser Thiere enthält. Die Gallen sind Auswüchse, welche in Folge eines Stiches mit dem Legestachel der weiblichen Gallwespen behufs der Eierablage entstehen. Am bekanntesten sind die Galläpfel, deren reicher Gerbstoffgehalt auch beweist, daß mit der krankhaften Wucherung der Gewebe auch eine abnorme Veränderung der Ernährung verbunden ist. Jede einzelne Art von Gallwespen erzeugt Gallen von ganz verschiedener Form.

III. Abschnitt.

Der Anbau der Culturgewächse.

10. Kapitel. Die Bodenbearbeitung.

§ 77. In dem Beherrschen der Naturgesetze beruht unsere Stärke, und jemehr wir uns die Naturkräfte dienstbar machen, um so segenbringender werden sie. Dem Landwirth fällt in letzter Reihe die Aufgabe zu, Brod und Kleidung zu schaffen für die Menschen und Luft und Wasser und Erde in Dienst zu nehmen und mit Hülfe der Pflanzen umzuwandeln in Nahrung und organische Substanzen. So gut wie gar nicht vermögen wir zur Zeit auf das Luftmeer einzuwirken und in unvollkommener Weise beherrschen wir das Wasser. Bewässerungen und Entwässerungen gehören zu unseren wichtigsten Culturarbeiten. Vieles ist in dieser Richtung geschehen und ungleich mehr noch ist zu thun übrig geblieben. Alles Wasser sollte, ehe es dem Meere zuläuft, dem Menschen tributpflichtig gewesen und Ueberschwemmungen und Dürre unbekannte Erscheinungen sein. Ein ausgiebiges Arbeitsgebiet eröffnet sich in dieser Richtung der Landwirthschaft und eine ungeahnte Fruchtbarkeit wird der Boden zeigen, wenn wir in künftigen Zeiten ihn beliebig ent- und bewässern können. Dem einzelnen Landwirth entzieht sich aber zum größten Theil eine ausgiebige Benutzung des Wassers; wo es sich um die Anlage großer Sammelwerke und um die Regulirung ganzer Stromgebiete handelt, ist der Einzelne machtlos und nur der Boden bleibt ihm als bearbeitbares und willfähriges Material. Ein guter Theil der Arbeit des

Landwirthes wird darauf verwandt und die Bodenbearbeitung ist eine seiner wesentlichsten Aufgaben.

Die Verwandlung des Rohmaterials der Ackerkrume in ein zur Pflanzenernährung geeignetes, d. h. die Herbeiführung der zu einer üppigen Vegetation nothwendigen Bedingungen, die Beschaffung von aufnehmbaren Pflanzennahrungsmitteln, von Feuchtigkeit, Licht, Wärme und Luft ist der Endzweck einer jeden landwirthschaftlichen Bodenbearbeitung und diejenige wird die beste sein, welche jenen Zweck am vollkommensten erreicht.

Die mechanischen Acte der Bodenbearbeitung bezwecken vorzüglich eine Lockerung, Wendung und Mischung des Bodens. Operationen, die zu diesem Zweck nur einmal oder doch nur in größeren Zwischenräumen ausgeführt werden, sind: das Rajolen, das Untergrundpflügen und die Spatenarbeit. Diesen voraus geht oftmals das Planiren. Die Separation oder die Verkoppelung des Bodens und die etwa nöthige Drainage, welche aber immer mit Bewässerungsanlagen verbunden sein sollte, sind Grundbedingungen einer jeden gründlichen Bodenverbesserung.

Das Planiren, d. h. ebenen, glatt machen, bezweckt, die Unebenheiten des Bodens auszugleichen. Einmal weil Unebenheiten, Erhöhungen und Vertiefungen der Bearbeitung des Bodens Schwierigkeiten entgegensetzen, weil der Acker dadurch ungleich wird, in Vertiefungen feuchter, auf den Erhöhungen trockener; weil dann die Pflanzen häufig zu viel oder zu wenig Feuchtigkeit haben und ihnen dadurch mancherlei Nachtheile entstehen, ganz abgesehen davon, daß sie auch ungleichmäßig reifen können. Bei der Ausführung von Planirungsarbeiten ist darauf zu sehen, daß der Untergrund der Erhöhungen auf die Sohle der Vertiefungen kömmt, da der erstere häufig keine gute Ackerkrume geben dürfte. Zur Ausführung der Arbeit wendet man entweder Handarbeit und Handgeräthe oder den Pflug, oder das sogenannte Muldbrett an. Letzteres ist so eingerichtet, daß es von Zugthieren gezogen die Unebenheiten abschneidet, welche dann abgefahren werden. Durch Aufackern ist dasselbe zu bewirken.

Das Rajolen, Rigolen, bezweckt die Erde tief aus- und umzuarbeiten, tief umzugraben, umzustürzen, um sie von Steinen und Unkraut zu befreien, tüchtig aufzulockern, oder auch die Krume mit einem besseren Untergrund zu mischen. Das Letztere würde sich beispielsweise bei einem thonigen Untergrund und sandiger Ackerkrume ausführen lassen. Wegen der mühsamen und kostspieligen Arbeit wird das Rajolen öfter in Gärten als auf dem Felde angewendet. Man wirft einen Graben von 2—3 Fuß Tiefe und 2 Fuß Breite aus, füllt diesen Graben mit der Erde eines zweiten Grabens u. s. w. aus, und ebnet die Oberfläche gleichmäßig, mit Hülfe der gebräuchlichen Werkzeuge.

Das Untergrundpflügen. Auch dieser Name drückt deutlich aus, was man darunter zu verstehen hat. Auf dem Felde sucht man dadurch dasselbe zu erreichen, was im Garten durch das Rajolen bezweckt wird, nur bedient man sich nicht mehr des Spatens, sondern eigens dazu gebauter Pflüge, des Rajolpfluges und Untergrundpfluges. Als Bodenverbesserungsmittel ist das Untergrundpflügen von der größten Bedeutung. — Die Spatenarbeit wird

nur im kleinen Betriebe benutzt. Es ist ein weniger durchgreifend ausgeführtes Rajolen.

§ 78. Von weit größerer Wichtigkeit als die erwähnten Arbeiten sind schon wegen ihrer ungleich häufigeren Ausführung und regelmäßigen Wiederkehr diejenigen, welche eine unmittelbare Vorbereitung des Bodens zur landwirthschaftlichen Benutzung und Ausbeutung bezwecken: das Pflügen, Eggen und Walzen. Die wichtigste Operation ist das Pflügen. Es bezweckt ein gleichmäßiges Mischen und Auflockern des Bodens, eine Stürzung und Zerkrümelung der einzelnen Bodenbestandtheile. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften sollen dadurch verbessert und nutzbringender gemacht und eine Wechselwirkung zwischen Boden und Luft ermöglicht werden. Die Ackerung wird ausgeführt mit dem Pflug oder dem Hacken; auf diese und die verschiedenen Arten derselben einzugehen ist hier nicht der Ort.

Behufs einer gleichmäßigen Mischung muß die Ackerkrume gewendet werden. Es muß der obere Theil derselben, aus welchem die vorhergehende Frucht vor Allem ihre Nahrung genommen, nach unten und der untere Theil, welcher durch Verwitterung und eingedrungene Düngertheile bereichert worden, nach oben gebracht werden. Weiter sollen durch das Pflügen die Bodentheilchen und der dazu gebrachte Dünger innig vermischt werden, da die sonstige natürliche Vertheilung des letzteren innerhalb des Bodens eine außerordentlich langsame und mangelhafte ist. Die Beweglichkeit der einzelnen Theile ist so gering, daß sich die mineralischen Nährstoffe innerhalb zweier Jahre, unter dem Einfluß des Regens, nur über einen Halbmesser von fünf bis sechs Zoll verbreiten, und eine künstliche Beförderung der Mengung ist also sehr nöthig, wenn sonst die Wurzeln allseitig mit den in Form von Dünger eingeführten Nahrungsmitteln in Berührung kommen sollen. Der Boden muß aber auch durchlüftet werden. Die Pflanzenwurzeln bedürfen Feuchtigkeit und Luft und Wärme und nur in einer lockeren Erde können diese so circuliren, wie es das Gedeihen der Gewächse verlangt. Eine lockere Beschaffenheit des Bodens und der dadurch bedingte Luftzutritt (Gasdiffusion) ist aber auch nöthig, um die Mineralbestandtheile des Bodens durch weiter schreitende Verwitterung und Zersetzung in die für die Pflanze brauchbare Form überzuführen und die durch die Pflanzen verbrauchten Stoffe immer wieder aus dem noch unzersetzten Vorrath zu ersetzen. Ein nicht gehörig gelockerter Boden ist gewissermaßen den Einwirkungen der Atmosphäre verschlossen, die Feuchtigkeit und der Sauerstoff können nicht zutreten und die Verwitterung wird gehemmt. Allerdings wirken bei der Verwitterung, gewissermaßen der Garmachung der Bodenbestandtheile für die Pflanzen noch andere Kräfte außer dem Sauerstoff der Luft, aber diese ist immer das anregende Prinzip, und wenn es fehlt, können auch die übrigen nichts leisten. Der Boden bedarf aber nicht nur der Auflockerung, um die Bestandtheile der Atmosphäre aufzunehmen, sondern er bedarf ihrer auch, um von seinem Uebermaß, am häufigsten von Kohlensäure und Wasser, an dieselbe abzugeben, und vor allen Dingen, um den Pflanzen die Möglichkeit zu bieten, ihre Wurzeln gleichmäßig im Boden verbreiten zu können. Es ist einleuchtend, daß es den Wurzeln um so schwerer wird, Nahrungsmittel aus der Umgebung aufzunehmen, je mehr diese aus festen Erdschichten und Gesteinen besteht. Allerdings sind sie im Stande, bedeutende Hindernisse zu über-

winden, denn sie durchdringen Mauern und Felsen und steinharten Boden und vermögen bei ihrer allmäligen Vergrößerung mächtige Kraftäußerungen auszuüben, stets aber werden sie sich vollständiger in einem lockeren Boden entwickeln, als in einem festen. Da die Nährstoffe im Boden schwer beweglich sind, so werden sie den Pflanzenwurzeln nur zugänglich, indem diese ihnen entgegen wachsen. Sie breiten sich besonders da aus, wo sie reichliche aufnehmbare Nahrungsmittel finden, und bilden sich um so üppiger, je ausgiebiger ihnen die letzteren zur Verfügung stehen. Daß aber die möglichste Ausbildung der Wurzel von dem größten Vortheil für die Pflanze ist, braucht kaum erwähnt zu werden. Je reicher das ganze Wurzelsystem ausgebildet ist, um so mehr wird es den oberirdischen Pflanzentheilen Nahrungsstoffe zuführen, und um so üppiger und kräftiger werden sich diese entwickeln. Gesunde und kräftige Pflanzen sind aber, ebenso wie gesunde, kräftige Thiere, weit mehr im Stande nachtheilige Einflüsse der Witterung, Störungen durch Thiere und Pflanzen, Krankheiten u. dgl. zu ertragen und auszuhalten, als schwache und kränkliche. Ein weiterer Nutzen des Pflügens beruht in der dadurch bedingten Verminderung der Unkräuter.

§ 79. Eine besondere Beachtung verdient das tiefere Pflügen oder die Tiefcultur. Ihre Vortheile zeigen sich: in der Vermehrung der im Boden vorhandenen aufnehmbaren Pflanzennahrungsmittel, d. h. derjenigen, welche die Wurzeln direkt aufsaugen können, in der besseren Ausbildung der Pflanzenwurzeln, in der Entkräftigung nachtheiliger Witterungseinflüsse und in der Vertilgung der Unkräuter. Indeß ist wohl zu beachten, daß man bei Anwendung der Tiefcultur, deren Zweck also ist, durch mechanische Einwirkung auf den Boden den Wurzeln der Pflanzen eine möglichste Ausbildung zu verschaffen und die im Untergrund befindlichen unorganischen Nahrungsmittel mit in den Kreislauf der Wirthschaft zu ziehen, mannigfache Vorsichtsmaßregeln zu berücksichtigen hat.

Ganz unbedenklich anzuwenden ist dieselbe da, wo der Untergrund, wenn er heraufgebracht wird nach der Düngung u. s. w., ähnlich wie die Ackerkrume zu werden verspricht. In den meisten unserer Flußthäler und Niederungen, wo sich ein sandiger Lehm oder ein derartiger tiefgründiger Boden findet, ist dies der Fall. Ist dagegen der Untergrund sehr von der Ackerkrume verschieden, so ist ersterer vorläufig mit Hilfe des Untergrundpfluges zu lockern und erst ganz allmälig im Verlauf mehrerer Jahre heraufzupflügen. Ebenso wie bei einem Boden mit felsigem und steinigem Untergrund kann das Tiefpflügen auch bei einem sandigen Boden mit kiesigem oder grandigem Untergrund gefährlich werden. Auf der Sohle, d. h. auf der gewöhnlichen Pflugsohle solcher Böden bildet sich häufig eine etwas undurchlassendere Erdschicht durch Humusbildung und Veränderung der Pflanzenreste. Durch tiefere Bearbeitung wird diese vernichtet und statt Vortheil wird man Nachtheil davon haben. Ebenso dürfen Bodenarten mit wenig durchlassendem Untergrund, wie ein dichter Thon- und Lettenboden, nur allmälig einer tiefern Cultur unterworfen werden, obgleich grade bei derartigem Boden die Tiefcultur ganz vorzügliche Folgen hat, da dadurch die stauende Nässe derselben gehoben oder mindestens bedeutend vermindert wird. Man wendet auch bei solchem

Boden am besten erst den Untergrundpflug an, und pflügt erst später mit Hilfe des Rajolpfluges den Untergrund immer mehr und mehr hervor. Im Kleinen läßt sich auch eine Vertiefung durch das sog. Spatpflügen erreichen, welches darin besteht, daß man die Pflugfurche durch Spatenarbeit vertieft.

Wenn wir durch Auflockerung des Untergrundes mit Hilfe der Tiefcultur der Luft, der Wärme und dem Wasser den leichten Zutritt zu den unteren Bodentheilen ermöglichen, so führen wir ihnen die Bedingungen zu, durch welche sie in einen Zustand übergeführt werden können, welcher eine Aufnahme durch die Pflanzenwurzel gestattet. Wir übertragen dadurch Verwitterungsvorgänge von der Oberfläche in den Untergrund und eröffnen denselben neue ausgiebige Gebiete. — Die ganz vorzüglichen Wirkungen des Humus, sein bedeutender Antheil an der Verwitterung, der Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens, seine Aufsaugungsfähigkeit für Wasser und gasartige Verbindungen der Atmosphäre, seine Absorptionsfähigkeit für Wärme u. dgl. sind genügend bekannt. Sie sind es, welche die Dammerde, — mit welchem Namen humusreiche Boden allgemein bezeichnet werden — so werthvoll machen und welche großen Theils die hohen Erträge der Gartenländereien u. dgl. bedingen. Lockern wir den Boden mit Hilfe der Tiefkultur, so werden die Pflanzenwurzeln tiefer in denselben eindringen, werden später verwesen, vermodern, in Humuskörper umgewandelt werden und somit die Tiefe der humushaltigen Erdschicht, der Dammerde, vermehren und vergrößern. So tief, wie der Pflug geht, dringen die Pflanzenwurzeln und die Düngstoffe leicht in den Boden ein, und wenn man berücksichtigt, daß die dem Boden bleibenden Rückstände eines Kleefeldes eben so viel an Gewicht, wie die abgeernteten Pflanzen betragen, wird man die Humusbildung in den tieferen Erdschichten gewiß nicht für unbedeutend halten und Sorge dafür tragen, daß sie in möglichster Ausdehnung vor sich gehen kann.

Aus dem Vorstehenden läßt sich auch leicht die sog. schonende Eigenschaft des Klees erklären. Die tief in den Boden eindringenden Wurzeln der Kleepflanze wirken wie die Tiefkultur. Durch den Uebergang derselben in Humus und die weitere Zersetzung des letzteren in Humussäure, Ammoniak und Kohlensäure befördert sie die Zersetzung der Bodentheile, macht sie für die Pflanzen aufnehmbar und vermehrt somit die Menge der eigentlichen Nahrungsmittel im Boden. Ueberall wo sich Zuckerrüben finden, ist die Bodencultur auf einem hohen Standpunkte, weil die Rüben gebieterisch eine tiefe Bodencultur fordern, und weil in diesen Gegenden das Vorurtheil gegen diese Culturmethode und die Furcht vor einem Todtpflügen des Ackers längst verschwunden ist. Je lockerer und fein vertheilter aber die Bodenmasse ist, um so reicher und gleichmäßiger breiten sich die Wurzeln aus, um so größere Mengen von Nahrungsmitteln saugen sie ein und um so ausgiebiger wird die Bildung von Früchten und Samen sein können.

Die Vortheile der Tiefcultur zeigen sich auch noch weiter in dem Ausgleichen nachtheiliger Witterungsverhältnisse. Ein Boden mit einer Ackerkrume von geringer Tiefe vermag ungleich weniger Wasser aufzunehmen, als ein Boden mit einer tiefen Ackerkrume. Nimmt der Boden weniger Wasser auf, so wird die ganze Menge von Wasser, welche noch auf ihn gelangt, nachdem er gesättigt, d. h. nachdem er so viel aufgenommen, als er überhaupt aufnehmen kann, entweder von ihm abfließen und dabei Erdtheilchen mit ab-

schwemmen, oder es wird auf tiefer gelegene Stellen zusammenfließend, stehen bleiben und nur allmälig verdunsten. Beides ist gleich nachtheilig und störend. Durch das Abschwemmen verarmt der Boden und stauendes Wasser verhindert den Luftzutritt, unterbricht das Wachsthum und leitet Vorgänge ein, die mit dem Absterben der Pflanzenwurzel, welche verfault und in Humus übergeht, enden. Umgekehrt wird aber ein Boden mit tiefer Ackerkrume dürre Witterung weit mehr ertragen können, als ein flachgrundiger mit undurchlassendem Untergrund. Der erstere hält weit mehr Wasser fest, als der letztere. Trocknen nun die Bodenoberflächen aus, geben sie unter Einfluß der Luft und Wärme Wasser ab, so wird aus dem Untergrunde in Folge der Haarröhrchenanziehung Wasser in die Höhe dringen, und die Pflanzenwurzeln werden weit länger in feuchter Umgebung bleiben, als in einem Boden mit einer geringen Tiefe der Ackerkrume, der einmal weniger Wasser hat aufnehmen können und dessen fester Untergrund ein in die Höhe Treten des Wassers aus tieferen Bodenschichten verhindert.

§ 80. Durch das Eggen sollen die größeren Bodenbestandtheile zerkrümmelt, der Boden geebnet, seine hart getrocknete Kruste gelockert und Unkräuter zerstört werden. Die Egge soll den Rechen ersetzen. Mehr noch als bei dem Pflügen und den übrigen Bodenbearbeitungs-Methoden ist bei dem Eggen der richtige Zeitpunkt abzupassen, wo der Boden nicht zu trocken und nicht zu feucht ist. Da der Hauptzweck des Eggens in dem Zertrümmern der Schollen beruht, so ist ein solches in raschem Tempo von größerer Wirkung, als ein langsames.

Die Wirkung der Walzen ist in dem Druck zu suchen, welchen sie vermöge ihres Gewichtes ausüben. Durch das Walzen wird eine Verdichtung der zu lockern Struktur des Bodens bewirkt und das natürliche Setzen desselben beschleunigt. Ferner trägt es zu Zertrümmerung von Schollen und Brocken bei und bewirkt die Brechung von weniger dicken Krusten. Ab und zu benutzt man die Walze auch zum Niederwalzen zu üppig entwickelter, und zum Anwalzen ausgefrorener Saaten.

Im Gebrauch sind Glattwalzen, Ringelwalzen und Zackenwalzen, von denen eine jede für bestimmte Bodenarten und zu bestimmten Zeiten und Zwecken ihre Vorzüge besitzt. Außer den Eggen, von denen eiserne und auch hölzerne im Gebrauch sind, werden noch als Lockerungsgeräthe vielfach benutzt: der Untergrundpflug, der Gruber, die Stachelwalze und der Scarificator. Hinsichtlich der Pflugarbeit unterscheidet man die Hacken- und Zahnarbeit, berücksichtigt die Breite und die Tiefe der Pflugfurchen und pflügt der Quere nach und diagonal. In manchen Gegenden ist das Bälken, Halbpflügen oder Reihen, in andern das Kammpflügen üblich. Bei der Ausführung aller dieser Arbeiten ist der Feuchtigkeitszustand des Bodens sehr zu berücksichtigen und der denkende Landwirth wird, wenn er sonst den Zweck der Bodenbearbeitung klar erkannt hat, auch die richtigen Geräthe wählen und dieselben gewerbegerecht zu benutzen wissen. Weiter darauf einzugehen erscheint hier nicht angezeigt.

§ 81. Zu den wichtigsten Maßnahmen behufs der Bodenverbesserung gehören die Manipulationen, welche die Regulirung der physikalischen Vegetationsfaktoren des Bodens bezwecken und diese in ein für die Pflanzenentwicklung günstiges Verhältniß bringen. Dabei

handelt es sich besonders um die Regulirung der Feuchtigkeit, durch welche die Durchlüftung und die Erwärmung gleichzeitig beeinflußt wird. Ein Uebermaß von Feuchtigkeit schadet, weil ein nasser Boden auch ein kalter Boden ist (§ 27), weil die Bearbeitung eines solchen zumeist nicht in der Zeit geschehen kann, wo es geschehen sollte, und weil durch die stauende Nässe das Eindringen und die chemische Einwirkung der Luft gehemmt wird. In entgegengesetzter Weise ist auch ein zu trockener Boden der Pflanzenentwicklung nachtheilig (§ 61).

Die Nässe, d. h. ein Uebermaß von Wasser im Boden, ist entweder eine capillare oder stauende. Im ersteren Falle sind alle Capillaren der Ackerkrume mit Wasser gefüllt, im letzteren neben denselben auch alle übrigen Räume. Die wichtigsten bodenverbessernden Arbeiten sind die Erdmischungen oder Meliorationen. Es wird dabei entweder die Erde aus dem Untergrund, oder von einem andern Ort, der Ackerkrume beigemengt. Gewöhnlich handelt es sich um die Lockerung von zu bündigem Boden durch Sand, Kies, Schutt u. s. w., oder um eine Verbesserung desselben durch Zufuhr von Kalk, Mergel, Thon u. dgl. Immer sind derartige Arbeiten sehr kostspielig. Leichter ausführbar sind die Entwässerungsarbeiten, welche eine zu große Anhäufung von Wasser verhindern sollen. Je nachdem Tagewasser, Quellwasser oder Stauwasser die zu große Nässe veranlassen, wird man dabei verschieden verfahren müssen. Zur Beseitigung des ersteren genügen gewöhnlich schon zweckmäßig angelegte und erhaltene Wasserfurchen, während die Ableitung des Quell- und Stauwassers ungleich schwieriger ist. Je nach den gegebenen Verhältnissen kann es geschehen durch ein Ableiten und Fassen von höher gelegenen Quellen, durch Eintreiben von Bohrlöchern in undurchlassende Erdschichten, auf denen sich das Wasser ansammelt, durch Anlegen von Saugschächten u. dergl. Wo diese einfacheren Mittel nicht ausreichen, muß dann zu der eigentlichen Entwässerung oder Drainage geschritten werden. Dieser muß ein Nivellement vorhergehen. Sie wird durchgeführt mit offenen oder mit gedeckten Gräben, in den allermeisten Fällen mit letzteren, die auch fast immer den Vorzug verdienen. Die offenen Gräben hemmen die Ackerbestellung und bedingen einen Verlust an Land. Bei der Drainage im engern Sinne, durch gedeckte Gräben, unterscheidet man Steindrains, Ziegeldrains, Röhrendrains u. s. w. Fast noch mehr als die Entwässerungsarbeiten werden die verschiedenen Bewässerungsanlagen von den örtlichen Verhältnissen abhängen.

§ 82. Die Feldbestellung beruht in der richtigen Aufeinanderfolge der verschiedenen Bodenbearbeitungsarten, behufs der Vorbereitung des Bodens zur Saat. Jede mechanische Bodenbearbeitung bezweckt der Ackerkrume eine Beschaffenheit zu geben, welche für die Entwicklung unserer Nutzpflanzen besonders geeignet ist. Direkt geschieht dies mit Hilfe des Pfluges und den verschiedenartigen Lockerungsgeräthen, indirekt durch die Einverleibung von Dünger und düngend wirkenden Stoffen, welche chemische und physikalische Vorgänge im Boden einleiten und hervorrufen. Die Bodenbearbeitung allein vermag nicht eine gute Struktur der Ackerkrume, d. h. eine solche Lagerung der in Bröckchen zerkrümmelten Bodenmasse, wie sie für die Entwicklung der Pflanzen am günstigsten ist, herbeizuführen; es gehört dazu auch eine geeignete Düngung und die Herbeiführung

und der richtige Verlauf von bestimmten chemischen und physikalischen Prozessen. Die für das Gedeihen der Culturpflanzen beste physikalische und chemische Beschaffenheit der Ackerkrume wird als Ackergahre bezeichnet.

Die Feldbestellung hat nicht nur ihr Augenmerk auf die Herstellung einer guten Struktur des Bodens zu lenken, sondern auch auf eine Verminderung der damit zusammenhängenden Produktionskosten. Durch Erhöhung des gesammten Culturzustandes der Felder werden die letzteren wesentlich vermindert, weil die Arbeit verringert wird und eine richtige und zeitgemäße Bodenbearbeitung kann oft mehr leisten, als viele andere derartige Arbeiten. Eine gute Ackergahre bedingt eine bestimmte Mürbung des gebundenen zusammenhängenden Bodens, sei es nach einer frischen Düngung, oder nach dem Umbruch der Stoppel, sie schließt eine möglichst vortheilhafte Gestaltung der Pflanzennahrung ein, einen Zustand der letzteren, der eine leichte und direkte Aufnahme durch die Pflanzen ermöglicht. In einer guten, gemürbten, gahren Ackerkrume liegen die einzelnen Bodentheilchen so dicht aneinander, als es vermöge ihrer Schwere möglich ist, sie vermag leicht durchlüftet und erwärmt zu werden, hält die Feuchtigkeit und lösliche Nährstoffe dauernd fest und gestattet einen ausgiebigen Verlauf der Verwitterungs- und Zersetzungsvorgänge, durch welche immer neue aufnehmbare Verbindungen geliefert werden. Man spricht von einer Ackergahre nach der Mißdüngung, von der Ackergahre der Stoppelfelder und des Driesches und von einer Beschattungsgahre. (Nach dem Abernten von Klee, Grünfutter u. d. g.)

11. Kapitel. Die Erhaltung und Vermehrung der Fruchtbarkeit des Bodens.

§ 83. Die Fruchtbarkeit des Bodens beruht nicht in einer besonderen Kraft, der Bodenkraft, sondern auf den darin enthaltenen Nahrungsmitteln der Pflanzen, auf der aufnehmbaren Form derselben und auf seinen physikalischen Eigenschaften. Bei der Cultur der Pflanzen im Großen, also bei dem landwirthschaftlichen Betrieb, werden ihm durch die Ernten eine größere Menge von zur unmittelbaren Pflanzenernährung geeigneten Mineralbestandtheilen entzogen, als in derselben Zeit durch die Verwitterungsvorgänge aus den vorhandenen Gesteinsresten neu gebildet werden können. In Folge davon verliert der Boden bald die Fähigkeit, lohnende und reichliche Ernten zu erzeugen, und der Landwirth muß solchen augenblicklichen Erschöpfungen vorbeugen oder dieselben schnell zu heben suchen. Am leichtesten wird eine solche Erschöpfung eintreten, wenn dauernd ein und dieselbe Pflanze auf einem bestimmten Areal gebaut wird. Schon nach einigen Jahren wird sie nicht mehr die Bestandtheile finden, oder doch nicht so viel, um in einer größeren Anzahl von Exemplaren auf einem kleinen Raum üppig zu gedeihen. Diesem Uebelstande abzuhelfen oder vorzubeugen, bedient man sich seit langen Zeiten der Brache, der Wechselwirthschaft und der Düngung.

Bei den wildwachsenden Pflanzen wird eine momentane Erschöpfung des Bodens ungleich schwieriger eintreten können, weil sie dem Boden die

entzogenen Bestandtheile wieder zurückgeben. Sie werden nicht von ihren Standorten künstlich entfernt und die abgestorbenen Theile verleiben sich der Erde zumeist wieder ein. Unsere Culturpflanzen werden aber vom Acker entfernt, sie durchlaufen den menschlichen Haushalt und ihre Bestandtheile kehren nur auf großen Umwegen, unvollständig oder auch gar nicht auf das Feld zurück, dem sie entstammten. Gespinnstpflanzen wie Lein, Tabak und Handelspflanzen aller Art werden fast alle aus der heimischen Flur entfernt. Verkaufte Körner und verkauftes Vieh bedingen einen steten Verlust an Bodenbestandtheilen und nur die in der Wirthschaft selbst verbrauchten Futterpflanzen und Nahrungsmittel gelangen zum größten Theil direkt wieder auf den Acker, von dem sie herrühren, und vermögen einer neuen Generation nützlich zu werden.

§ 84. Bei der Brache bleibt der Acker, der eine Reihe von Jahren Pflanzen producirt hatte und bebaut worden war, sich eine bestimmte Zeit selbst überlassen. Er hat dabei entweder Ruhe vor dem Pflug und bedeckt sich mit einer natürlichen Vegetation, die durch Unterpflügen, wohl auch nach vorhergegangenem Abbrennen, dem Boden einverleibt wird, oder er unterliegt einer aufeinander folgenden Bearbeitung ohne Anbau von Gewächsen. Durch das Bracheliegen sollen die materiellen Produktionskräfte, mit anderen Worten der Reichthum des Bodens vermehrt werden. Es sollen sich während der Ruhezeit neue Mengen von unorganischen Nahrungsmitteln durch Zersetzung der Gesteine ansammeln können. Bei der Schwarzbrache, bei der man den Acker nicht bewachsen läßt (Grünbrache), kömmt das Bestreben dazu, die physische und chemische Beschaffenheit der Ackerkrume zu verbessern und besonders schweren und nassen Bodenarten eine bessere Struktur zu verschaffen. Auch zur Reinigung von stark verunkrautetem Acker und zur Herbeischaffung einer guten Ackergahre, vielleicht als Vorbereitung zu dem Rapsbau zu dienen, ist eine Aufgabe derselben.

Der Ausdruck Brache läßt sich zurückführen auf brechen oder umbrechen. Nach dem Vorherrschen der Natur, der Arbeit oder des Kapitals, oder je nachdem bei den landwirthschaftlichen Operationen die Natur, die Arbeit oder das Kapital in Anspruch genommen werden, lassen sich im Entwicklungsgange der Landwirthschaft drei große, wesentlich von einander verschiedene Entwicklungsstufen, unter einander durch zahlreiche Uebergänge verbunden, bezeichnen. Während der ersten, der niedrigsten, wird die Natur, vor allem der Grund und Boden mit möglichst geringer Beihilfe von Arbeit und Kapital benutzt. — Im südwestlichen Sibirien säet man den Buchweizen auf die frisch umgebrochene oder abgesengte Steppe. Im Herbst wird das Stroh größtentheils auf dem Felde verbrannt. Die bei dem, auf dem Felde vorgenommenen, Dreschen ausfallenden Körner dienen zur Saat für das nächste Jahr und werden im Frühjahr nothdürftig eingeeggt. So genügt eine einzige Aussaat für 5—8 Jahre. Ist der Boden erschöpft, so bricht man neuen Boden um; an eigentliche Düngung wird selten gedacht. Lieber wirft man den Mist in die Flüsse und bricht auch wohl ganze Dörfer ab, um sie nach andern Orten zu verlegen. In dünn bevölkerten Waldgegenden fällt man im Sommer die Bäume, um sie im Frühjahr zu verbrennen. Nach dem

ersten Regen wird die Asche mit dem Karst umgerissen und darauf gesät. Der massenhaft vorhandene Boden, die fehlenden Arbeitskräfte, das mangelnde Kapital und die fast vollständige Werthlosigkeit der erzeugten Produkte, so weit sie nicht mehr als direkte Nahrungsmittel oder auf sonstige Weise in der Wirthschaft zu verwerthen sind, rechtfertigen ein solches Verfahren. Man bezeichnet es als extensive Wirthschaft; die Natur wird fast allein in Anspruch genommen, die gebauten Produkte werden nur, oder doch meistens durch eigenen Gebrauch verwerthet; man baut nur dasjenige, was zur Befriedigung des eigenen Bedarfes nöthig ist.

Das Wachsen der Bevölkerung, die zunehmende Volkszahl macht bald eine derartige Wirthschaft unmöglich. Der herrenlose Grund und Boden wird seltener, der ausgebaute, welcher keine lohnenden Ernten mehr geben will, kann nicht ohne Weiteres mit neuem jungfräulichen Boden vertauscht werden, und es wird versucht durch regelmäßige Bewirthschaftung, durch Bodenbearbeitung, Düngung u. dergl. die Fruchtbarkeit des Bodens dauernd zu erhalten und zu steigern. Die Arbeit wird mehr in Anspruch genommen und eine bestimmte Arbeitseintheilung ist eingetreten. Man erzeugt nicht nur diejenigen Produkte, welche zur Befriedigung der eigenen Bedürfnisse nothwendig sind, sondern man nimmt Rücksicht auf solche, die sich leicht vertauschen lassen, um dagegen andere Werthe einhandeln zu können. Die Entfernung vom Absatzort, vom Markt wird von der größten Bedeutung für die Art der Produktion.

In der dritten Entwicklungsperiode der Landwirthschaft wird der Einfluß des Kapitals auf die Betreibung des Gewerbes überwiegen. Die mächtig gewordene Industrie macht der Landwirthschaft eine große Conkurrenz in der Nachfrage nach Arbeit, die Arbeitslöhne werden höher, die angesammelten Kapitalien werden in Grund und Boden angelegt und der letztere steigt immer mehr im Preis. Durch die allmählige Zunahme der Bevölkerung und der damit verbundenen Vermehrung des Verbrauches von Lebensmitteln, durch Vermehrung des Luxus, mit einem Worte: durch die gesammte fortschreitende Cultur wird nothwendig eine Preissteigerung der landwirthschaftlichen Produkte bedingt und durch diese Preissteigerung die lohnende Verwendung der größeren Kapitalsmassen und der theueren Arbeitskräfte auf dem Boden ermöglicht. Wirthschaftsmethoden, welche auf einer großen Verwendung von Kapital und Arbeit und auf einer möglichsten Ersparniß des theueren Bodens beruhen, werden als intensive bezeichnet. Zwei bis drei Ernten sucht man jährlich vom Felde zu erhalten, auf das Sorgfältigste wird jeder Fuß Land benutzt und die Bodenbearbeitung ist eine vorzügliche und nähert sich der Gartencultur.

So ist auch die reine Brache mehr und mehr verdrängt worden und in hoch cultivirter und dicht bevölkerter Gegend wird man dieselbe in den meisten Fällen entbehren können. Hackfrüchte verdrängen das Unkraut wegen der damit zusammenhängenden Bodenbearbeitung; Klee und andere ähnliche Blattpflanzen unterdrücken es durch die Beschattung. Eine gute Struktur des Ackerbodens führt man durch eine gesammte bessere Cultur herbei und für den Wiederersatz der entzogenen Stoffe sorgt man durch die Düngung.

§ 85. Die Wechselwirthschaft, Wechselbau, Pflanzenwechsel beruht darauf, daß ein Boden, der durch andauernde Cultur einer Pflanzenart für eine rentable Produktion derselben untauglich geworden, für andere noch vollkommen geeignet ist und daß, wenn eine

Reihe von Jahren eine passende Abwechselung der Culturen, oder eine geeignete Fruchtfolge befolgt worden ist, derselbe schließlich auch wieder vermag, jene Pflanzen in genügend üppiger Weise hervorzubringen. Die günstigen Wirkungen des Wechselbaues erklären sich daraus, daß die verschiedenen Culturpflanzen dem Boden verschiedene Bestandtheile der Menge und der Art nach entziehen, und ihre Wurzelentwicklung eine verschiedenartige ist. Ferner sind die Reste, welche die verschiedenen Gewächse dem Felde lassen, Stoppeln, Wurzeln, Blätter u. s. w. für die Beschaffenheit des letzteren von wechselnder Bedeutung, und manche Pflanzen, welche wegen ihrer bedeutenden Blattentwicklung befähigt sind, viele Verbindungen aus der Luft aufzunehmen, werden dadurch geradezu bereichernd auf den Boden einzuwirken vermögen. Neben der Wechselwirthschaft hat man noch verschiedene andere Wirthschaftssysteme.

Im Großen und Ganzen kömmt es nur selten vor, daß man lohnend auf demselben Felde lange Jahre nach einander ein und dieselbe Pflanze bauen kann. Auf Helgoland bauet man seit 1806 ununterbrochen Kartoffeln. In manchen Gegenden Griechenlands seit Jahrtausenden immer Wintergerste; in Aegypten Weizen auf Weizen und bei hinreichend starker und geeigneter Düngung könnte man auch in unseren Klimaten nach einander gleiche Früchte ziehen, wie es in Gärten u. s. w. faktisch der Fall ist. Nur in seltenen Fällen aber dürfte sich ein solches Verfahren rechnerisch nützlich zeigen. Viele Pflanzen z. B. der Lein bedürfen bei uns fast nothwendig der Wechselwirthschaft, die immer mindestens zweckmäßig sein wird. So bedürfen die Getreidepflanzen besonders viel Phosphorsäure und verhältnißmäßig wenig Alkalien. Die Wurzelgewächse dagegen verlangen zu einer reichlichen Ausbildung eine relativ große Menge von Kaliverbindungen, während sie sich mit geringeren Quantitäten von Phosphorsäure bescheiden. Durch den wechselnden Anbau solcher verschiedenen Pflanzenarten vermag man die ungleiche Stoffentnahme auszugleichen.

Nicht minder spricht für die Zweckmäßigkeit des Pflanzenwechsels das ungleiche Wurzelvermögen. Zwar bilden sich die Wurzeln besonders da aus, wo sie aufnehmbare Nahrungsmittel finden, der Wurzeltiefgang und die Wurzelausbreitung der einzelnen Culturpflanzen ist aber ein sehr verschiedener, und man ist trotz jener Thatsache berechtigt, von flachwurzelnden und tiefgehenden Pflanzen zu sprechen, und es ist angezeigt, zwischen dem Anbau der im Allgemeinen flachwurzelnden Getreidearten mit den tiefgehenden Kleearten, Hülsenfrüchten, Raps, Mohn u. s. w. abzuwechseln.

Durch zahlreiche Auswaschungen aus geeigneten Feldern, und ungleich besser aus geeigneten künstlichen Behältern sind die Wurzelsysteme der verschiedenen Culturpflanzen dem Auge und der Beschreibung zugänglich gemacht worden, und öfter hat man eine ganz ungeahnte Entwicklung, vorzüglich in der Längsrichtung, nachgewiesen. Dabei hat sich auch Gelegenheit geboten, das quantitative Verhältniß der Wurzeln zu den oberirdischen Organen zu bestimmen und auf die Rückstände zu schließen, welche bei dem Anbau der Gewächse den Feldern bleiben. Bei Versuchen, welche von dem Verfaßer unter möglichst gleichen Boden- und Vegetationsverhältnissen ausgeführt worden, er-

gab sich eine besonders große Bewurzelungsfähigkeit des Grases (Poa pratensis, Festuca elatior und Bromus pratensis). In noch nicht vier Monaten hatten sich mehr Wurzeln gebildet, als grüne oberirdische Theile, und im ersten Jahr ist das Verhältniß beider zu einander wie 1 : 1, d. h. ein Gewichtstheil Wurzeln hat einen Gewichtstheil oberirdischer Theile producirt, bezüglich die Produktion ermöglicht. Die Entwicklung der Gräser in sehr armem Boden, und die geringen Ansprüche, welche dieselben machen, finden in der großen Fähigkeit, Wurzeln auszubilden und nach allen Seiten zu verzweigen, eine bestimmte Erklärung. Durch diese Eigenschaft werden sie befähigt, auch aus verhältnißmäßig armer Umgebung noch genügend Mineralstoffe aufnehmen zu können. Dazu kommt noch, daß die Graswurzeln eine besondere Fähigkeit zu haben scheinen, zersetzend und angreifend auf die Gesteinstrümmer einzuwirken. Zahlreiche Wurzelfasern waren bei dem vorstehenden Versuch in die Wände des hart gebrannten Blumentopfes eingewachsen und nicht davon zu trennen, und häufig findet man Steine, auf welchen Graswurzeln sehr bedeutende Eindrücke zurückgelassen haben.

Bei der Seradella war das Verhältniß der Wurzeln zu den oberirdischen Theilen wie: 1 : 1,3. Auf einen Gewichtstheil Wurzeln kommen 1,3 Theile oberirdische Organe. Die in neuerer Zeit beliebte Serradella gilt als eine Futterpflanze, welche einen tiefen durchlassenden Untergrund verlange und nur eine geringe Empfindlichkeit gegen die Vorfrucht besitze. Die vorstehende Beobachtung bestätigt diese Ansicht. Die Neigung, eine lange Pfahlwurzel zu bilden, wird durch einen tiefen Untergrund befördert werden, und die sehr bedeutende Bewurzelungsfähigkeit wird sie in den Stand setzen, aus weiteren Umkreisen die nöthigen Nahrungsmittel aufnehmen zu können. Es ist bekannt, daß die Serradella als Unterfrucht in Getreide gesäet, schöne Erträge geliefert hat, und die ganz verschiedenen Wurzelsysteme dieser Culturgewächse tragen zur Erklärung der erhaltenen günstigen Resultate bei.

Das Wurzelsystem des Lein besteht aus einer gerade in den Boden eindringenden Hauptwurzel, die sich in zahlreiche Aeste auflöst. Zu den oberirdischen Theilen verhält sich dieselbe wie 1 : 3. Von der Leinpflanze pflegt man zu sagen, daß sie zwar keine frische Düngung, wohl aber einen kräftigen Boden verlange. Das Wurzelvermögen derselben ist nicht so groß wie dasjenige der Serradella und der erwähnten Wiesengräser; es bilden sich weniger Wurzeln und diese erzeugen verhältnißmäßig mehr oberirdische Theile, immerhin ist es aber noch ausreichend genug, um eine frische Düngung entbehren zu können und einen Anbau des Leines im zweiten und dritten Jahre der Düngungsperiode zu gestatten.

Bei der Gerste und dem Hafer war das Verhältniß der Wurzeln zu den oberirdischen Theilen etwas schwankender, durchschnittlich ist es wie 1 : 7. Die Getreidearten entwickeln zahlreiche Faserwurzeln, deren massige Ausbildung relativ gering ist. Sie müssen daher, um sich üppig zu entwickeln, einen an aufnehmbaren Verbindungen reichen Boden finden.

Bei den Erbsen verhalten sich die Wurzeln zu den oberirdischen Organen wie 1 : 10. Die Pflanzen besitzen Hauptwurzeln, welche sich verästeln. Die im Verhältniß zu den oberirdischen Organen ziemlich unbedeutend entwickelten Wurzeln müssen durch zahlreich vorhandene und leicht zugängliche Mineralstoffe in die Lage versetzt werden, Nahrungsmittel aufnehmen zu können.

Wegen ihrer geringern Mächtigkeit und Verbreitungsfähigkeit, vielleicht auch wegen besonderen Eigenthümlichkeiten vermögen sie nicht ähnlich wie die Lupine auch in armem und weniger cultivirtem Boden die Bedingungen zu einer üppigen Entwicklung zu finden und sich das Rohmaterial der Erdkrume so ausgiebig nutzbar zu machen, als andere Arten ihrer Familie.

Bei den Kartoffeln war das Verhältniß der Wurzeln zu der erzeugten Pflanzensubstanz ein wesentlich anderes, da zu den grünen Theilen noch die Knollen kommen. Ein Gewichtstheil Wurzel hatte nicht nur 9 Theile oberirdische Organe, sondern auch 120 Th. Knollen, im Ganzen 43 Theile lufttrockene Substanz gebildet. Es ist bekannt, daß Kartoffeln gern in gut gedüngtes Feld gebracht werden. Sie finden da eine reiche Menge von leicht zugänglichem Nahrungsmaterial, aus dem sie allein ihre Bedürfnisse zu decken vermögen. Durch die geringe Wurzelausbildung verhindert, aus weiteren Kreisen und schwerer zugängliche Verbindungen aufnehmen zu können, ist die Kartoffel in den meisten Fällen besonders auf die dem Felde zugeführten Dungstoffe angewiesen, und der in der Praxis des Gewerbes oft beliebte Ausspruch: „Die Kartoffeln sind Zehrer (auch wohl Mistfresser)" findet seine bestimmte Berechtigung.

In runden Zahlen kamen bei den vorstehenden Versuchen auf einen Gewichtstheil Wurzeln: bei dem Grasgemenge 0,98, bei der Serradella 1,3, bei dem Lein 3,0, bei dem Hafer 7,1, bei der Gerste 8,0, bei den Erbsen 10,4 und bei den Kartoffeln 43,0 Gramm andere Organe und die verschiedene Bewurzelungsfähigkeit und das ungleiche Wurzelvermögen, auch Wurzelthätigkeit genannt, geht unmittelbar daraus hervor. Während die Bewurzelungsfähigkeit (d. i. die massige Wurzelbildung) von dem Grasgemenge bis zu den Kartoffeln rasch abnimmt und bei den letztern im Vergleich zu den erzeugten organischen Stoffen eine sehr geringe wird, steigt in demselben Verhältnisse das Wurzelvermögen, d. h. die Fähigkeit der Wurzeln Nahrungsmittel aufnehmen und den oberirdischen Organen zuführen zu können. 2,5 Grm. lufttr. Wurzeln genügten, um 26 Grm. lufttr. oberirdische Erbsen-Organe — Früchte, Stengel, Blätter — zu erzeugen, und 3,0 Grm. lufttr. Kartoffel-Wurzeln waren ausreichend, um 360 Grm. Kartoffel-Knollen nebst dem entsprechenden Kraut zur Entwicklung gelangen zu lassen. Dagegen producirten 1 Grm. der Wurzeln von Bromus, Festuca und Poa noch nicht ganz 1 Grm. Gras, und nahezu 1 Grm. Serradella-Wurzeln vermochten wenig mehr als dasselbe Gewicht oberirdischer Organe zur Entwicklung zu bringen. Bei einer relativ ungleich größeren Massenentwicklung haben die Wurzeln der Futtergewächse und auch noch die des Leines zur Bildung von viel weniger Pflanzenmasse beigetragen, als die verhältnißmäßig weniger zahlreich vorhandenen Wurzeln des Getreides, der Erbsen und vorzüglich der Kartoffeln. Da der benutzte Boden ganz gleichartig war, so bleibt zur Erklärung der Erscheinung nur die Annahme, daß die Wurzeln der Kartoffeln, der Erbsen und der benutzten Cerealien mehr zur Aufnahme von Nahrungsmitteln geeignet sind, als diejenigen der Futtergewächse. Doch scheint sich das Wurzelvermögen oder die Wurzelthätigkeit jener Pflanzen weniger auf die schwerer angreifbaren und aufzunehmenden Bodenbestandtheile, als auf die durch den Dung zugeführten oder überhaupt leichter zugänglichen Materialien zu erstrecken, da bekanntlich der Anbau derselben in verarmtem

ungedüngtem Boden wenig lohnt. — Dagegen ergaben die cultivirten Futterpflanzen und auch noch der Lein eine sehr große Bewurzelungsfähigkeit, aber ein geringes Wurzelvermögen. Ihre Wurzeln scheinen nicht in so ausgedehnter Weise zur Bildung von Pflanzenmasse beitragen zu können, wie diejenigen der Kartoffeln und Erbsen, wohl aber befähigt zu sein, auch weniger zersetzte und vorbereitete Nahrung aufnehmen zu können. Die ganze Cultur und der Anbau jener Pflanzen sprechen dafür. Auch werden dieselben wegen der großen Zahl und Verbreitung der Wurzeln noch in einer an sich armen Unterlage die Mittel zu ihrer Existenz finden, da die Menge von Nahrungsmitteln in einer begrenzten Fläche um so geringer sein kann, je mehr aufnehmende Organe sich darin verbreiten.

Begreiflicher Weise kann aber auch der Boden hinsichtlich seiner physikalischen Eigenschaften durch die Wurzelausbreitung beeinflußt werden.

§ 86. Ein weiteres Interesse beansprucht die Wurzelausbildung in Bezug auf die dadurch dem Boden zugeführten Theile und die damit zusammenhängende Humus-Vermehrung. Die benutzten Culturpflanzen zeigen große Verschiedenheiten hinsichtlich der Bewurzelung, und naturgemäß werden die dem Felde verbleibenden Wurzelrückstände denselben entsprechen. Ohne Zweifel sind sie nicht ohne Einfluß auf die Beschaffenheit des Feldes und auf die nachfolgenden Früchte, nicht allein wegen der Fähigkeit Humus-Körper zu bilden und diese nach verschiedenen Richtungen hin äußerst wichtigen Verbindungen zu vermehren, sondern auch wegen ihrer unorganischen Bestandtheile, welche den nachfolgenden Pflanzen als leicht zugängliches Material zur Verfügung gestellt werden. Eine Uebertragung der bei den Versuchspflanzen ermittelten Wurzelmengen auf die Pflanzen eines Morgens gibt Anhaltspunkte zur Vergleichung der im Felde bleibenden Rückstände.

Nach ausgeführten Berechnungen verbleiben auf einem preußischen Morgen ($25^1/_4$ Ar) bei dem Anbau von:

	Roggen.	Gerste.	Hafer.	Weizen.	Rothklee.	Luzerne.	Esparsette.	Serradella.	Buchweizen.	Erbsen.	Lupine.	Raps.
	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
Stoppel u. Wurzelrückstände .	3019	1142	2167	1994	5116	5544	3401	1795	1259	1848	2027	2557
Organ. Substanz	2074	924	1339	1369	4015	4856	2814	1482	992	1063	1711	2200
Stickstoff . . .	37,56	13,20	15,36	13,56	110,04	78,24	70,80	37,20	27,48	32,52	35,76	34,92
Mineralstoffe .	945	218	828	626	1101	688	587	313	267	385	316	337
Kalk	42,1	24,3	49,2	44,1	150,2	112,8	67,2	45,9	46,0	31,3	46,2	71,0
Magnesia . . .	8,3	3,2	7,0	5,9	28,3	14,0	18,2	7,8	4,2	6,4	7,0	7,5
Kali	18,0	5,6	14,3	10,6	46,9	21,1	24,5	5,1	5,3	6,5	9,8	27,1
Natron . . .	24,3	2,0	10,4	6,5	11,5	15,5	8,0	2,8	2,5	4,1	2,1	12,1
Schwefelsäure .	7,0	3,2	5,1	4,3	14,9	10,7	11,9	5,3	3,9	5,5	4,1	17,9
Phosphorsäure .	14,6	6,9	17,3	6,8	43,0	22,6	17,1	10,6	6,3	8,6	8,0	18,4

Weitere Versuche haben aber auch gezeigt, daß eine Uebertragung der auf einem beliebigen Felde ermittelten Wurzelüberreste einer Sorte unserer Culturpflanzen auf die Allgemeinheit als gewagt erscheint und nur für die betreffende Unterart, unter Berücksichtigung der Düngungsverhältnisse, Gültigkeit haben kann. Die Schwankungen, welche die ermittelten Gewichte der Wurzeln von

Pflanzen verschiedener Sorten zeigen, sind bedeutend und werden bei einer Uebertragung auf einen Morgen durch die nothwendige Multiplikation so vergrößert, daß sie zu Täuschungen Veranlassung geben können und zwar um so leichter, als auch der Düngungszustand des Bodens Einfluß darauf auszuüben vermag.

Die vorzüglichen Wirkungen des Fruchtwechsels erklären sich aber nicht allein aus den verschiedenen Bedürfnissen der Culturpflanzen, aus ihrem wechselnden Nahrungsbedürfniß, aus anderen Verhältnissen mehr physikalischer Natur, aus der Verschiedenartigkeit ihrer Bewurzelung und den ungleichen Mengen der Wurzelrückstände; es kömmt möglicherweise auch noch die Wasserverdunstung dabei in Betracht. Es ist bekannt, daß die Culturpflanzen außerordentlich große und verschiedene Mengen von Wasser dampfförmig der Luft übermitteln. Der Boden muß aber um so wasserarmer werden, je größer die Transspiration ist, und ein Feld bleibt trockener, wenn es längere Zeit mit Pflanzen bedeckt gewesen ist, welche ein großes Wasserbedürfniß besitzen, als ein solches, bei welchem das Gegentheil stattfindet, oder welches ganz ohne Pflanzendecke war. So zeigte sich am 3. November nach anhaltendem feuchten Herbstwetter und nach in letzten Tagen gefallenen starken Regengüssen der Boden eines Luzernefeldes, von welchem im Verlauf des Sommers 4 Schnitte Klee gewonnen worden waren, in einer Tiefe von 20 Zoll fast vollständig trocken und krümlich, während der Boden eines an den Luzerneschlag grenzenden Roggenfeldes mit ungebrochener Stoppel in derselben Tiefe sehr feucht war und sich zusammenballen ließ. Derartige Beobachtungen sind vielfach gemacht worden, und der Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrüchten wird auf den Wassergehalt des Bodens und somit auf einen wesentlichen Fruchtbarkeitsfaktor nicht ohne Bedeutung sein. Die sehr verschiedenen Blattoberflächen der Culturpflanzen und die dadurch bedingte ungleiche Beschattung hängt damit zusammen.

Werden bei der Pflanzenproduktion die jemaligen herrschenden Conjunkturen berücksichtigt, so spricht man von freier Wirthschaft.

§ 87. Einen großen Einfluß auf die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit übt die Düngung aus. Als solche bezeichnet man jede Stoffzufuhr auf landwirthschaftlich benutzte Felder, durch welche sogleich oder in späterer Zeit der Ertrag derselben gesteigert werden kann. Düngmittel oder Dünger sind alle Stoffe, durch welche jene Absicht erreicht werden kann, und die im Stande sind, die Fruchtbarkeit der Ländereien zu erhalten und zu vermehren. Die Erträge der Felder, ihr Vermögen eine größtmögliche Menge von Nahrungsstoffen, Materialien für die Viehzucht und Handelsgewächse hervorzubringen, steht im innigsten Verhältniß zu der Düngung, und um so größer die Quantität und vorzüglicher die Qualität ihrer Produkte ist, um so größer kann die Zahl der Geschöpfe sein, welche die Mutter Erde zu ernähren vermag. Auf jeder Quadratmeile erzeugt Belgien Nahrungsmittel für 7400 Menschen, Mecklenburg für 3100, Polen für 2200. Die Bewohner Mecklenburgs und Polens sind nicht besser genährt als die Belgier, und ihr Land ist nicht unfruchtbarer als Belgien. Die Düngung und Bodencultur allein haben die Ertragsfähigkeit so außerordentlich gesteigert. —

Im Wesentlichen lassen sich die Wirkungen des Düngers darauf zurückführen, daß sich 1) bei der Verwesung und Fäulniß der organischen Bestandtheile des Düngers Ammoniak, Salpetersäure und Kohlensäure bilden. Diese Verbindungen werden direkt von der Pflanze als Nahrungsmittel gebraucht und aufgenommen, oder sie wirken indirekt äußerst günstig dadurch, daß sie die unzersetzten Mineralbestandtheile in eine löslichere und für die Pflanzen aufnehmbarere Form überführen. Sie unterstützen mit einem Worte die Verwitterung auf das Wirksamste und vermehren somit die Gesammtmenge der den Pflanzen zur Verfügung stehenden mineralischen Nahrungsmittel.

2) Daß die Menge der Humuskörper im Boden dadurch vermehrt wird. Durch die Humuskörper wird die wasserhaltende Kraft des Bodens und seine Erwärmungsfähigkeit vermehrt. Der feste Zusammenhang der Bodentheile wird dadurch verringert, der Boden wird lockerer und gestattet eine bessere Durchlüftung, eine gleichmäßigere Erwärmung und leichteres und allseitigeres Durchdringen des Wassers. Unter Einfluß der Luft verwandeln sich dann die Humuskörper weiter in Humussäuren, Humin-Ulmin-Quellsäure, Kohlensäure u. s. w. Diese ganzen Verbindungen sind für die Verwitterung der Mineralbestandtheile des Bodens von nicht geringer Wichtigkeit und tragen wesentlich mit zur Umwandelung des rohen Bodenmaterials in zur Ernährung der Pflanze geeignete Feinerde bei. Weiter wird aber auch durch den Humus die Absorptionsfähigkeit des Bodens bis zu einem gewissen Grad erhöht. — Gegenüber dem so außerordentlich wichtigen Einfluß des Humus, welcher auch durch die landwirthschaftlichen Beobachtungen vollständig erkannt worden ist, erscheint um so bedauerlicher, daß durch die Cultur und vor allem durch die Bodenbearbeitung der Humusgehalt des Bodens außerordentlich vermindert wird. Je öfters und je besser der Boden bearbeitet wird, um so mehr kömmt die atmosphärische Luft, und mit dieser der zerstörende Sauerstoff mit den Humuskörpern in Berührung und um so mehr und rascher wird ihre Zersetzung beschleunigt. Allerdings beruht darauf ein guter Theil der vorzüglichen Wirkungen des Humus. Auf der andern Seite kann man seiner Vermehrung durch den Anbau von Futterpflanzen, und besonders von mehrjährigen, bedeutenden Vorschub leisten, weil diese eine Bearbeitung des Bodens verhindern, selbst durch Blattabfall und dgl. mehr humusbildende Substanz liefern und außerdem noch durch ihre dichte Beschattung die zerstörenden Einwirkungen der Luft mäßigen.

3) Wird aber auch die mechanische Beschaffenheit des Bodens wesentlich durch den Dünger verändert. Der Boden wird lockerer, die Menge der Feinerde wird vermehrt, die Wurzeln finden reichlichere Gelegenheit sich auszubilden, die Wärme des Bodens nimmt zu und die Bearbeitung wird erleichtert.

4) Der Dünger enthält die Nahrungsmittel der Pflanze und zwar in einer Form, welche entweder eine unmittelbare Aufnahme gestattet oder doch leicht in eine solche übergeht. Bis in die neueste Zeit ist diese letztere Wirkungsweise als die hauptsächlichste, wo nicht als die einzige betrachtet worden, und wir finden hier einen Wechsel der Ansichten und Uebergänge von einem Extrem in das andere, wie sie häufig in der Entwicklungsgeschichte der Wissenschaften auftreten. Gewöhnlich liegt dann das Wahre in der Mitte. — Als man überhaupt anfing nach den Gründen zu fragen, welche den Erscheinungen auf dem Gebiete der Landwirthschaft zu Grunde lägen, und als man versuchte, diese

naturwissenschaftlich und volkswirthschaftlich zu erklären, führte man aus völliger Unbekanntschaft mit der Zusammensetzung und mit den Bestandtheilen der Pflanzen, sowie aus mangelnden physiologischen und chemischen Kenntnissen die Wirkung des Düngers auf physikalische Verhältnisse zurück. Mit dem Vorschreiten der Naturwissenschaften und dem richtigen Erkennen der Pflanzennatur, daß sie ebenfalls als lebende Wesen zu betrachten, daß sie Nahrungsmittel aufnehmen müßten u. s. w., gewann man im Verlauf der Zeit die Ansicht, daß der Dünger und besonders seine organischen Stoffe, der Humus, Nahrungsmittel für die Pflanze liefere. Man hielt den Humus für das wichtigste und werthvollste Nahrungsmittel und meinte, er würde direkt aufgenommen. Erst vor wenigen Decennien gelang es, die Wichtigkeit der Mineralbestandtheile des Düngers und noch später die richtige Wirkung des Humus zu erkennen. Bevor Letzteres der Fall war, wurde wenig mehr an die physikalischen Wirkungen des Düngers gedacht, und nur seine direkte pflanzenernährende Eigenschaft hervorgehoben. Der neuesten Zeit und noch mehr der Zukunft war und wird es vorbehalten, die einseitige Anschauung von der Wirkung des Düngers wiederum umzugestalten und auch seine Bedeutung in physikalischer Beziehung gehörig zu würdigen.

Die Menge und die Art der Stoffe, welche als Dünger den Feldern vorwiegend zugeführt werden müssen, ergeben sich aus der Quantität und der Zusammensetzung derjenigen Produkte, welche ihnen durch die Ernten entzogen worden sind. Es muß durch die Düngung ein Gleichgewicht zwischen dem aus der Wirthschaft ausgeführten und dem derselben zurückgegebenen Pflanzennährungsmittel herbeigeführt werden. Die Lehre vom Gleichgewicht im obigen Sinne ist die Statik des Landbaues. Es ist aber nicht nur darnach zu streben, das Gleichgewicht zwischen dem Nehmen und Geben herzustellen, sondern auch darnach, das Gut allmählig zu verbessern und seine Erträge dauernd zu steigern. Von den fünf Elementen, dem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel, welche die Pflanzen zum Aufbau ihrer organischen Verbindungen bedürfen, entziehen sich die vier ersten der sicheren statischen Berechnung wegen ihrer verschiedenen Quellen, während der Schwefel als Schwefelsäure und mehr noch die Aschenbestandtheile, Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Phosphorsäure, Kieselsäure, Chlor und Eisen derselben unterworfen werden können. Von besonderer Wichtigkeit ist dies in Bezug auf die Phosphorsäure; von der geringsten hinsichtlich des Eisens.

Zur Berechnung der Erschöpfung und Bereicherung des Bodens dienen die von E. Wolf zusammengestellten Tabellen. Nach ihnen beträgt der:

Mittlerer Gehalt in 1000 Pf. der frischen oder lufttrocknen Substanz.

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser.	Stickstoff.	Asche.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.
I. Heu.										
Wiesenheu . . .	143	15,5	51,5	13,2	2,3	8,6	3,3	4,1	2,4	13,9
Raigras	143	16,3	58,2	20,2	2,0	4,3	1,3	6,2	2,3	18,5
Thimotheegras . .	143	15,5	62,1	20,4	1,5	4,5	1,9	7,2	1,8	22,1
Moharheu . . .	134	17,3	58,4	21,2	1,2	6,1	5,4	3,4	2,1	16,3
Rothklee	160	19,7	56,9	18,3	1,2	20,0	6,1	5,6	1,7	1,4
„ reif . . .	150	12,5	44,0	9,8	1,4	15,6	6,8	4,3	1,3	3,0
Weißklee	165	23,2	59,8	10,1	4,5	19,3	6,0	8,4	4,9	2,5
Bastardklee . . .	160	24,0	39,7	11,0	1,2	13,5	5,0	4,0	1,6	1,6
Incarnatklee . . .	167	16,5	50,7	11,7	4,3	16,0	3,1	3,6	1,3	8,2
Luzerne	160	23,0	62,1	15,3	1,3	26,2	3,3	5,5	3,7	3,8
Esparsette	167	21,3	45,8	13,0	1,5	16,8	3,0	4,6	1,4	3,7
Wundklee	167	22,1	55,7	11,9	1,3	32,6	2,1	4,3	1,0	1,5
Grünwicken . . .	167	22,7	83,7	28,3	5,6	22,8	5,4	10,7	2,8	4,9
Grünerbsen . . .	167	22,9	62,4	23,2	2,3	15,6	6,3	6,8	5,1	0,9
Ackerspörgel . . .	167	19,2	56,8	19,9	4,6	10,9	6,9	8,4	2,0	0,8
II. Grünfutter.										
Wiesengras, Blüthe	700	5,4	18,1	4,6	0,8	3,0	1,1	1,5	0,8	4,9
Junges Gras . .	800	5,6	20,7	11,6	0,4	2,2	0,6	2,2	0,8	2,1
Raigras	734	5,7	20,4	7,2	0,7	1,5	0,4	2,2	0,8	6,5
Thimotheegras . .	700	5,4	21,6	7,4	0,5	1,6	0,7	2,5	0,6	7,7
Futterroggen . . .	760	5,3	16,3	6,3	0,1	1,2	0,5	2,4	0,2	5,2
Grünhafer . . .	810	3,7	18,8	7,5	0,6	1,2	0,6	1,7	0,6	5,7
Grünmais . . .	822	1,9	12,0	4,3	0,5	1,6	1,4	1,3	0,4	1,7
Sorgho	773	4,0	13,0	3,6	1,8	1,2	0,5	0,8	0,4	3,7
Mohar	700	5,9	13,9	5,0	0,3	1,4	1,3	0,8	0,5	3,9
Rothklee, Blüthe .	780	5,1	13,7	4,4	0,3	4,8	1,5	1,4	0,4	0,3
„ vor d. Blüthe	830	5,3	14,5	5,3	0,3	4,2	1,5	1,7	0,3	0,4
Weißklee	805	5,6	13,6	2,3	1,0	4,4	1,4	1,9	1,1	0,6
Bastardklee . . .	820	5,3	8,8	2,4	0,3	3,0	1,1	0,9	0,4	0,4
Incarnatklee . . .	815	4,3	12,2	2,8	1,0	3,8	0,7	0,9	0,3	2,0
Luzerne	740	7,2	18,7	4,6	0,4	7,9	1,0	1,6	1,1	1,1
Esparsette	800	5,1	12,1	3,4	0,4	4,4	0,8	1,2	0,4	1,0
Wundklee	830	4,5	14,7	3,2	0,3	8,6	0,6	1,1	0,3	0,4
Grünwicken . . .	820	5,6	18,1	6,1	1,2	4,9	1,2	2,3	0,6	1,1
Grünerbsen . . .	815	5,1	13,9	5,1	0,5	3,5	1,4	1,5	1,1	0,2
Grünraps . . .	870	4,6	12,2	4,0	0,4	2,7	0,5	1,4	1,7	0,6
Ackerspörgel . . .	800	3,7	12,2	4,3	1,0	2,3	1,5	1,8	0,4	0,2
III. Wurzelgewächse.										
Kartoffeln	750	3,4	9,4	5,7	0,2	0,2	0,4	1,6	0,6	0,2
Topinambur . . .	800	3,2	9,8	4,7	1,0	0,3	0,3	1,4	0,5	1,0
Futterrunkel . . .	880	1,8	7,5	4,1	1,2	0,3	0,3	0,6	0,2	0,2
Zuckerrübe . . .	815	1,6	7,1	3,9	0,7	0,4	0,5	0,8	0,3	0,1
Turnips	920	1,8	7,3	3,3	0,7	0,8	0,3	0,9	0,8	0,1
Möhre	850	2,2	7,8	2,8	1,7	0,9	0,4	1,0	0,5	0,2
Erdkohlrabi . . .	870	2,1	11,6	4,7	1,2	1,3	0,3	1,7	1,5	0,1
Cichorie	800	2,5	6,7	2,6	1,1	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3
Zuckerrübenköpfe .	840	2,0	9,6	2,8	2,3	0,9	1,1	1,2	0,7	0,2

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser.	Stickstoff.	Asche.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.
IV. Blätter u. Kraut der Wurzelgewächse.										
Kartoffel, fast reif .	770	4,9	19,7	4,3	0,4	6,4	3,3	1,6	1,3	0,9
„ unreif . .	825	6,3	16,5	4,4	0,3	5,1	2,4	1,2	0,8	1,2
Topinambur . . .	800	5,3	14,5	3,1	0,2	5,0	1,3	0,7	0,2	3,6
Futterrunkel . . .	905	3,0	14,1	4,1	2,9	1,6	1,3	0,8	0,8	0,5
Zuckerrübe . . .	897	3,0	18,1	6,5	2,7	2,7	2,7	1,3	0,9	0,7
Turnips	898	3,0	11,9	2,8	1,1	3,9	0,5	0,9	1,1	0,5
Möhre	822	5,1	26,0	2,9	5,2	8,5	0,9	1,2	2,0	2,9
Cichorie	850	3,5	16,5	4,3	2,9	3,2	0,4	1,0	1,4	0,6
Erdkohlrabi . . .	850	4,6	25,3	3,7	1,0	8,4	1,0	2,6	3,0	2,6
Weißkraut	890	2,4	16,0	6,3	0,9	3,1	0,6	1,4	2,4	0,2
Krautstrunk . . .	820	1,8	11,6	5,1	0,6	1,3	0,5	2,4	0,9	0,2
V. Fabrikprodukte und Abfälle.										
Weizenkleie . . .	131	22,4	53,5	14,3	0,2	1,7	8,8	27,3	0,1	0,5
Roggenkleie . . .	125	23,2	71,4	19,3	1,0	2,5	11,3	34,3	—	1,4
Gerstekleie . . .	120	23,7	48,4	8,1	0,7	1,8	3,0	8,9	0,9	23,6
Haferschalen . . .	140	—	34,7	4,9	0,3	1,4	1,0	1,6	1,3	23,3
Erbsenkleie . . .	140	—	22,7	10,3	0,2	4,1	2,2	3,1	0,9	0,9
Buchweizenkleie . .	140	27,2	34,6	11,2	0,7	3,4	4,6	12,5	1,0	0,7
Weizen-Feinmehl .	136	18,9	7,2	2,6	0,1	0,2	0,4	3,7	—	—
Roggenmehl . . .	142	16,8	16,9	6,5	0,3	0,2	1,4	8,5	—	—
Gerstemehl . . .	140	16,0	20,0	5,8	0,5	0,6	2,7	9,5	0,6	—
Maismehl	140	16,0	5,9	1,7	0,2	0,4	0,9	2,6	—	—
Grünmalz . . .	475	10,4	14,6	2,5	—	0,5	1,2	5,3	—	4,8
Darrmalz	75	16,0	26,6	4,6	—	1,0	2,2	9,7	—	8,8
Biertreber . . .	766	7,8	11,7	0,5	0,1	1,3	1,0	4,1	—	4,6
Bier	900	—	6,2	2,1	0,6	0,2	0,4	2,0	0,2	0,6
Malzkeime . . .	80	36,8	66,7	20,6	1,2	1,9	1,8	18,0	2,9	14,7
Kartoffelfaser . . .	800	1,3	1,8	0,3	—	0,9	0,1	0,4	—	0,1
Kartoffelschlempe .	948	1,6	5,0	2,2	0,4	0,3	0,4	1,0	0,4	0,2
Rübenpreßlinge . .	700	2,9	11,4	3,9	0,9	2,6	0,7	1,1	0,4	0,9
Diffusionsrückstände	948	0,8	3,3	0,3	0,1	1,1	0,2	0,2	0,1	0,7
Rübenmelasse . . .	172	12,8	82,3	57,5	10,0	4,7	0,3	0,5	1,7	0,3
Melasseschlempe . .	920	3,2	14,0	11,0	1,5	0,2	—	0,1	0,2	—
Rapskuchen . . .	150	48,5	54,6	12,4	1,8	6,8	7,0	19,2	3,2	2,8
Leinkuchen . . .	115	45,3	50,8	12,4	0,7	4,3	8,1	16,1	1,6	6,4
Mohnkuchen . . .	100	52,0	76,9	2,3	2,3	27,0	6,2	31,2	1,9	4,5
Buchelkuchen . . .	100	38,1	43,3	6,5	4,6	13,2	3,6	9,7	0,6	0,8
Wallnußkuchen . .	137	55,3	46,2	14,3	—	3,1	5,6	20,2	0,6	0,7
Baumwollekuchen .	115	39,0	58,4	14,6	—	2,7	8,9	28,1	0,7	2,3
Cocosnußkuchen . .	127	37,4	55,1	22,4	1,3	2,6	1,6	14,9	2,1	1,9
Palmölkuchen . .	100	25,9	26,1	5,0	0,2	3,1	4,5	11,0	0,5	0,8
VI. Stroh.										
Winterweizen . .	143	4,8	46,1	6,3	0,6	2,7	1,1	2,2	1,1	31,2
Winterdinkel . . .	143	4,0	50,1	5,2	0,3	2,9	1,2	2,6	1,2	36,0
Winterroggen . .	143	4,0	40,5	7,8	0,9	3,5	1,1	2,1	1,1	22,9
Sommerweizen . .	143	5,6	38,1	11,0	1,0	2,6	0,9	2,0	1,2	18,2
Sommerroggen . .	143	5,6	46,6	11,2	—	4,2	1,8	3,0	1,2	26,1
Gerste	143	6,4	41,3	9,4	1,7	3,2	1,1	1,9	1,5	21,5
Hafer	143	5,6	40,4	8,9	1,2	3,6	1,6	1,9	1,3	19,6
Mais	150	4,8	41,9	9,6	6,1	4,0	2,6	5,3	1,2	11,7
Buchweizen . . .	160	13,0	51,7	24,2	1,1	9,5	1,9	6,1	2,7	2,9

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser.	Stickstoff.	Asche.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.
Erbse	160	10,4	44,0	10,1	1,8	16,2	3,5	3,5	2,7	3,0
Ackerbohne . . .	160	16,3	43,9	18,5	1,1	9,8	3,3	3,2	1,6	3,2
Gartenbohne . . .	160		40,0	12,8	3,2	11,1	2,5	3,9	1,7	1,9
Futterwicke . . .	160	12,0	44,1	6,3	6,9	15,6	3,7	2,7	3,3	3,6
Lupine	160	9,4	41,4	8,0	2,6	14,8	3,6	3,7	3,0	2,1
Raps	160	5,6	40,8	11,1	3,8	11,6	2,5	2,4	3,1	2,6
Mohn	160		48,6	18,4	0,6	14,7	3,1	1,6	2,5	5,5
VII. Spreu.										
Winterweizen . .	143	7,2	92,5	8,5	1,7	1,8	1,2	4,0	—	75,1
Sommerweizen . .	143	7,5	121,4	4,8	1,0	4,0	1,5	3,1	0,7	105,3
Winterdinkel . . .	143	5,6	82,7	7,9	0,2	2,0	2,1	6,1	1,9	61,3
Winterroggen . .	143	5,8	84,0	5,3	0,3	3,5	1,2	5,6	0,1	69,2
Gerstegrannen . .	143	4,8	120,0	9,4	1,2	12,7	1,6	2,4	3,7	86,6
Hafer	143	6,4	71,2	4,6	2,9	4,0	1,5	1,3	3,5	50,4
Maiskolben (Mark) .	140	2,3	4,6	2,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	1,3
Ackerbohne . . .	150	16,8	54,5	35,3	1,3	6,8	5,9	2,7	1,2	0,3
Lupine	143	7,2	18,1	8,7	0,7	3,6	1,5	1,1	0,5	0,9
Rapsschoten . . .	140	6,4	73,2	11,8	4,4	36,3	4,2	3,4	7,3	1,0
Leinsamenkapsel . .	120		54,7	15,4	3,0	15,4	3,3	4,5	3,4	5,0
VIII. Allerlei Handelspflanzen.										
Leinstengel . . .	140		30,4	9,4	2,5	6,8	2,0	4,0	2,0	1,7
„ geröstet .	100		7,0	0,3	0,2	3,6	0,2	0,8	0,2	1,3
Flachsfaser . . .	100		6,8	0,3	0,3	3,6	0,3	0,7	0,3	0,8
Hanfstengel . . .	150		33,2	4,6	0,7	20,3	2,4	2,3	0,7	3,5
Hopfen, g. Pflanze .	140		81,4	20,1	2,8	18,1	6,4	7,5	3,7	16,4
„ Zapfen . .	120		66,8	23,0	1,4	11,1	3,7	11,2	2,4	11,1
„ Stengel . .	160		40,7	11,4	1,7	12,6	2,7	4,4	1,3	3,4
Tabaksblätter . .	180		151,0	30,3	5,1	62,8	17,7	4,8	5,8	13,5
Wein u. Most . .	866		2,1	1,3	—	0,1	0,1	0,4	0,1	—
Weintrester . . .	650		13,9	6,1	0,2	2,9	0,7	2,5	0,6	0,2
Rebholz u. Reiser .	550		13,0	4,0	1,4	4,5	0,7	1,6	0,3	0,2
Maulbeerblätter . .	850		16,3	3,9	0,2	5,4	1,0	1,3	0,3	4,1
IX. Allerlei Streumaterial.										
Rohrschilf	180		36,7	6,8	0,2	3,3	1,1	2,3	0,6	20,0
Riedgräser . . .	140		61,2	17,7	4,9	4,2	2,9	4,6	2,3	20,3
Binsen	140		48,1	19,0	3,1	3,6	3,1	4,3	1,3	6,8
Buchenblätter im August	560		19,0	3,7	0,4	6,4	1,4	1,8	0,4	3,8
Buchenblätter im Herbst	150	8,0	58,5	2,3	0,4	26,4	3,5	2,4	2,1	19,7
Eichenblätter im August	550		15,8	5,4	—	4,1	2,1	1,9	0,4	0,7
Eichenblätter im Herbst	150	8,0	41,7	1,4	0,3	20,3	1,7	3,5	1,8	12,9
Kiefernnadeln . .	475	5,0	18,4	1,0	0,3	6,1	1,1	1,0	0,4	6,3
Fichtennadeln . .	450		32,0	0,6	0,1	4,3	0,5	1,4	0,6	22,6
Moos	250		19,2	2,6	1,6	2,2	1,1	0,9	1,0	5,5
Farrenkraut . . .	250		50,7	18,0	2,1	6,2	3,5	4,2	1,8	10,3
Haidekraut . . .	200	10,0	16,6	2,1	1,1	3,6	1,6	1,1	0,7	4,9
Besenpfriemen . .	250		13,6	4,8	0,3	2,2	1,6	1,1	0,4	1,3
Seegras	150	14,0	122,3	15,9	28,1	16,7	10,0	3,8	26,3	2,5

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser.	Stickstoff.	Asche.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.
X. Körner u. Samen.										
Winterweizen . .	144	20,8	16,9	5,3	0,4	0,6	2,0	7,9	0,1	0,4
Sommerweizen . .	143	20,5	18,3	5,5	0,4	0,5	2,2	8,9	0,3	0,3
Spelt ohne Hülsen .	143	22,0	14,2	5,1	0,5	0,4	1,7	6,0	—	0,2
Dinkel mit Spelzen	148	16,0	36,6	5,7	0,4	1,0	2,4	7,6	1,1	17,1
Winterroggen . .	143	17,6	17,9	5,6	0,3	0,5	2,1	8,4	0,2	0,4
Wintergerste . . .	145	16,0	17,0	2,6	0,7	0,2	2,1	5,6	0,5	4,9
Sommergerste . .	143	16,0	22,2	4,5	0,6	0,6	1,9	7,7	0,4	6,1
Hafer	143	19,2	27,0	4,4	0,6	1,0	1,9	6,2	0,4	12,0
Hirse	140	20,3	29,8	3,4	0,4	0,2	2,9	5,9	0,1	15,8
Mais	144	16,0	13,0	3,7	0,2	0,3	2,0	5,9	0,2	0,2
Sorgho	140		16,0	3,3	0,5	0,2	2,4	8,1	—	1,2
Buchweizen . . .	140	14,4	11,8	2,7	0,7	0,5	1,5	5,7	0,2	0,1
Erbse	143	35,8	23,5	9,8	0,2	1,2	1,9	8,6	0,8	0,2
Ackerbohne . . .	145	40,8	30,7	13,1	0,4	1,5	2,2	11,9	0,8	0,2
Gartenbohne . . .	150	39,0	27,4	12,0	0,4	1,8	2,0	9,7	1,1	0,2
Wicke	143	44,0	26,8	8,1	2,1	2,1	2,4	10,0	1,0	0,3
Lupine	130	56,6	34,1	10,2	0,1	3,0	4,0	14,3	1,5	0,2
Rothklee	150	30,5	38,3	13,5	0,4	2,5	4,9	14,5	0,9	0,5
Weißklee	150		33,8	12,3	0,2	2,5	3,9	11,6	1,6	0,8
Esparsette	160		38,4	11,0	1,1	12,3	2,6	9,2	1,2	0,3
Futterrunkel . . .	140		48,8	9,1	8,5	7,6	8,6	7,6	2,1	1,1
Zuckerrübe . . .	146		45,3	11,1	4,2	10,2	7,3	7,5	2,0	0,8
Möhre	120		74,8	14,3	3,5	29,1	5,0	11,8	4,2	4,0
Cichorie	130		54,6	6,5	4,6	17,3	5,9	16,5	2,4	0,6
Turnips	125		34,6	7,6	0,4	6,1	3,1	14,0	2,5	0,2
Raps	118	31,2	39,1	9,6	0,6	5,5	4,6	16,5	0,9	0,5
Sommerrübsen . .	120		34,9	7,7	—	5,2	4,7	14,9	2,3	—
Senf	130		36,5	5,9	2,0	7,0	3,7	14,6	1,8	0,9
Mohn	147	28,0	52,9	7,2	0,5	18,7	5,0	16,6	1,0	1,7
Lein	118	32,8	32,6	10,0	0,7	2,6	4,7	13,5	0,8	0,4
Hanf	122	26,1	45,3	9,4	0,4	10,9	2,6	16,9	0,1	5,5
Traubenkerne . . .	110		25,0	7,2	—	8,4	2,1	6,0	0,6	0,3
Roßkastanie, frisch .	492	10,2	12,0	7,1	—	1,4	0,1	2,7	0,3	0,3
Eicheln, frisch . .	560		9,6	6,2	0,1	0,7	0,5	1,4	0,4	0,1
XI. Allerlei Thierische Produkte.										
Kuhmilch	875	5,1	6,2	1,5	0,6	1,3	0,2	1,7	—	—
Schafmilch . . .	860	5,5	8,4	1,8	0,3	2,5	0,1	3,0	0,1	0,2
Käse	450	45,3	67,4	2,5	26,6	6,9	0,2	11,5	—	—
Ochsenblut . . .	790	32,0	7,5	0,6	3,4	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1
Kalbsblut	800	29,0	7,1	0,8	2,9	0,1	0,1	0,6	0,1	—
Schafblut	790	32,0	7,5	0,5	3,3	0,1	0,1	0,4	0,1	—
Schweineblut . . .	800	29,0	7,1	1,5	2,2	0,1	0,1	0,9	0,1	—
Ochsenfleisch . . .	770	36,0	12,6	5,2	—	0,2	0,4	4,3	0,4	0,3
Kalbfleisch	780	34,9	12,0	4,1	1,0	0,2	0,2	5,8	—	0,1
Schweinefleisch . .	740	34,7	10,4	3,9	0,5	0,8	0,5	4,6	—	—
Lebender Ochs . .	597	26,6	46,6	1,7	1,4	20,8	0,6	18,6	—	0,1
Lebendes Kalb . .	662	25,0	38,0	2,4	0,6	16,3	0,5	13,8	—	0,1
Lebendes Schaf . .	591	22,4	31,7	1,5	1,4	13,2	0,4	12,3	—	0,2
Lebendes Schwein .	528	20,0	21,6	1,8	0,2	9,2	0,4	8,8	—	—
Eier	672	21,8	61,8	1,5	1,4	54,0	1,0	3,7	0,1	0,1
Wolle, gewaschen .	120	94,4	9,7	1,8	0,3	2,4	0,6	0,3	—	2,5
„ ungewaschen .	150	54,0	98,8	74,6	1,9	4,2	1,6	1,1	4,0	3,0

Die Erschöpfung des Bodens oder besser gesagt die Entziehung von Bodenbestandtheilen beruht nicht allein auf den Ernten, auch der Regen und die Viehzucht können dabei betheiligt sein. Der Regen und die atmosphärischen Niederschläge überhaupt können mechanisch abspülend und wegschlemmend wirken, und mit den zum Markte gebrachten Produkten der Viehzucht, mit Ausnahme der Butter, werden nicht unbeträchtliche Mengen von Aschenbestandtheilen aus der heimathlichen Flur entfernt. Als Ersatzmittel, durch welche die Ausfuhr gedeckt werden kann, stehen dem Landwirth zur Verfügung: das Wiesenheu, käufliche, nicht auf dem Gute erzeugte Futterstoffe und die künstlichen Düngemittel.

12. Kapitel. **Der Stalldünger, seine Aufbewahrung, Behandlung und Verwendung.**

§ 88. Der Stallmist wird von den festen und flüssigen Entleerungen unserer Hausthiere und der Einstreu gebildet. Durch die letztere sollen die flüssigen Theile der Exkremente aufgesaugt und eine gleichmäßigere Vertheilung der Bestandtheile herbeigeführt werden. Die festen Ausscheidungen, der Koth, enthalten die von den Thieren nicht aufgenommenen, also die unverdauten oder unverdaulichen Theile der Nahrung, vermengt mit verschiedenen Absonderungen des Thierkörpers, Verdauungssäften, wie Galle und Speichel, Schleim u. dgl. Die flüssigen Entleerungen, der Harn, enthalten die vom Organismus aufgenommenen, gebrauchten und zur Ernährung verbrauchten Bestandtheile der Nahrungsmittel. Bei dem Durchgang durch den Thierkörper werden von den Bestandtheilen des Futters vorwiegend die organischen ausgenützt und es tritt hauptsächlich ein Verlust an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff ein, (auch von Stickstoff und Schwefel in geringer Menge). Durch den Athmungs- und Transspirationsvorgang werden diese als Kohlensäure, Wasser und Ammoniak ausgeschieden. Die Mineralstoffe und der größte Theil des Stickstoffes der Nahrungsmittel sind in den festen und flüssigen Ausscheidungen enthalten.

Unbestritten ist der Stallmist als das hauptsächlichste Düngungsmittel zu betrachten und in unserm Lande und in bäuerlichen Wirthschaften meistens auch als das alleinige Düngematerial anzusehen. Fast zu allen Zeiten ist dies der Fall gewesen; früher weil man außer dem Stalldünger wenig andere Düngemittel kannte, und jetzt, wo man genug sehr wirksame käufliche Düngemittel besitzt, weil seine Gewinnung für den Landwirth eine ungleich vortheilhaftere geworden ist. In neuerer Zeit ist die Viehzucht viel lohnender geworden, als früher, sämmtliche Produkte derselben sind wesentlich im Preise gestiegen und werden voraussichtlich diese Höhe behaupten oder sogar noch steigen. Durch den größern Handelswerth des Viehes wird nothwendigerweise eine vergrößerte Viehhaltung angebahnt, und dadurch auch eine Vermehrung des Stallmistes. Während früher nur so viel Nutzthiere gehalten wurden, als unumgänglich nöthig war, um den unentbehrlichen Dünger zu erzeugen, hält man jetzt Vieh des direkten Nutzens wegen und gewinnt den werthvollen Dünger gewissermaßen als Nebenprodukt. — Soll nun aber der Stalldünger

seinen Zwecken vollständig entsprechen, soll er ausreichen, die Fruchtbarkeit der Felder dauernd zu erhalten und zu vermehren, und sowohl den Feldbau, als auch die Viehzucht lohnend machen, so hat man vor allen Dingen nicht nur auf die Menge, sondern auch auf die Güte desselben zu sehen und Alles aufzubieten, um eine Verminderung sowohl der Quantität als auch der Qualität zu verhüten.

Die landwirthschaftlichen Nutzpflanzen, die Produkte des Feldes, durchlaufen den menschlichen Haushalt. Einen Theil davon verwenden wir als Futter für unsere Thiere. Von den erhaltenen Futtermitteln nimmt das Thier soviel auf, als es zur Erhaltung seiner Lebensthätigkeit, zum Wiederersatz der durch Leben, Arbeit u. s. w. verbrauchten Stoffe nöthig hat, oder auch um, wie bei jungen Thieren und Mastvieh, das Körpergewicht zu vergrößern. Die übrigen nicht aufnehmbaren Bestandtheile des Futters werden aus dem Thierkörper wieder ausgeschieden, weil sie zum eigentlichen Ansatz in demselben, zur Bildung von Blut, Fleisch, Knochen nicht tauglich sind. Die Ausscheidung erfolgt entweder durch Ausathmung, Ausdünstung, oder in der Form von festen oder flüssigen Auswurfsstoffen. Von diesen haben hier nur die festen oder flüssigen Exkremente, der Harn und der Koth, eine bestimmte Bedeutung, da sie mit dem Streumaterial den Stallmist bilden. Da diese Auswurfsstoffe nur aus den Ueberresten der Futtermittel und den zerstörten und abgenutzten Bestandtheilen des Thierkörpers bestehen können, so werden sie nothwendigerweise auch nur die Bestandtheile derselben, wenn auch in mehr oder weniger veränderter Form, enthalten. In der That ist dies auch der Fall; die Bestandtheile des Düngers sind dieselben, aus welchen die Pflanzen bestehen, und nur in der Form sind sie theilweis verschieden. Auf dem Wege durch den Thierkörper werden die Futtermittel mannigfach verändert und umgesetzt, und wenn sie aus demselben heraustreten, sind sie nicht nur hinsichtlich ihrer Eigenschaften, sondern auch in ihren Mengenverhältnissen wesentlich umgewandelt. Zur Ernährung des Thieres werden vor allen Dingen die organischen, verbrennbaren Bestandtheile benutzt, während die Aschenbestandtheile der Futtermittel wenigstens für die ausgewachsenen Thiere von geringer Wichtigkeit sind und jedenfalls nicht in derselben Menge verbraucht werden. Durch zahlreiche Versuche hat man nun festgestellt, daß der Verlust an organischer Materie bei den Futtermitteln, während sie durch den Thierkörper hindurchgehen, über die Hälfte der gesammten verbrennbaren Verbindungen beträgt. Dieser Verlust erklärt sich aus dem Bedarf des Thierkörpers nach Wiederersatz und Vermehrung seiner Bestandtheile, aus der Ausathmung und der Ausdünstung.

Durch Haut und Lunge werden von der Trockensubstanz des Futters im Mittel ausgeschieden: bei dem Pferd 52,6 %, bei dem Rind 52,2 %, bei dem Schafe 50,7 %. Kleine Mengen von Stickstoff sind im Schweiße u. s. w. vorhanden, seine Gesammtmenge findet sich aber fast vollständig in den festen und flüssigen Ausscheidungen, bezüglich im Fleischansatz und der Milch wieder. Bei den Mastthieren, bei jungen und alten Thieren und während der Trächtigkeit, treten abweichende Verhältnisse ein.

§ 89. Die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Exkremente ist abhängig von der Natur der Futterstoffe; je besser die letzteren sind, um so werthvoller sind die Ausscheidungen, und je ärmer die Nahrung ist, um so mehr sinkt die Güte des Mistes. Futtermittel,

welche reich an Phosphorsäure, Kali, Stickstoff u. s. w. sind, werden einen bessern Dünger liefern als solche, welche wenig davon enthalten, und die Ausscheidungen derselben Thierart werden in ihrer Zusammensetzung sehr schwankend sein müssen.

In dem Koth sind enthalten die schwer- oder nicht verdaulichen organischen Verbindungen der Nahrungsmittel, Zellstoff, Kohlehydrate, Proteïnkörper und andere Pflanzenbestandtheile, ferner die darin enthaltenen schwer löslichen Mineralstoffe, wie Kieselsäure und Phosphate von Eisen, Kalk und Magnesia. Der Harn enthält Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Chlor, Schwefelsäure und, Schaf- und Schweineharn ausgenommen, Spuren von Phosphorsäure, daneben in dem Thierkörper entstandene stickstoffhaltige Verbindungen, wie Harnstoff, Hippursäure, kohlensaures Ammoniak und andere, wie Milchsäure u. dgl. Im Allgemeinen kann man annehmen, daß im Harn der größte Theil des Kali's (und der Alkalien), der Futtermittel und der dritte Theil von dem Stickstoff derselben enthalten ist, während mit dem Koth die Phosphorsäure, der Kalk und zwei Drittel des Stickstoffes ausgeschieden werden.

Für das landwirthschaftliche Gewerbe ergeben sich aus dem Vorstehenden wichtige Regeln und zwar:

1) daß die flüssigen und festen Exkremente zu einer vollständigen Düngung nur im vereinigten Zustande angewandt werden dürfen. In dem Harn ist besonders das Kali, in dem Koth die Phosphorsäure. Kali und Phosphorsäure sind aber gerade diejenigen Verbindungen, welche die landwirthschaftlichen Nutzpflanzen in größter Menge bedürfen, und welche gleichwohl im Boden in nicht allzu großen Massen vorhanden sind. Vor allen gilt dies Letztere von der Phosphorsäure. Die Pflanzen bedürfen aber zu ihrer normalen Ausbildung sämmtlicher Nahrungsmittel und zwar in entsprechender Menge; und weiter müssen auch erfahrungsgemäß die Pflanzennährstoffe wieder dem Kulturboden zugeführt werden, wenn er dieselben nachhaltig den Pflanzen liefern soll. Deßwegen müssen nicht nur Kali, sondern auch Phosphorsäure und die übrigen Aschenbestandtheile vereint zur Verwendung gelangen, und darf man für gewöhnlich nicht die Jauche und den Koth getrennt auf das Feld bringen.

2) daß der Landwirth die größte Aufmerksamkeit darauf zu verwenden hat, seiner Wirthschaft sämmtliche Exkremente, besonders auch die flüssigen zu erhalten. Er muß Verlusten, die ihm erwachsen können, sei es durch Wegspülen durch Wasser oder durch chemische Einflüsse in Folge einer schlechten Behandlung des Düngers sorglichst vorbeugen.

Die Streumaterialien sollen zur vollkommenern Gewinnung der thierischen Ausscheidungen beitragen und die schnelle Zersetzung derselben durch die langsamere ihrerseits vermindern. Daneben sollen sie auch die Menge des Düngers vermehren und seine Qualität verbessern. Das vorzüglichste Streumaterial ist das Stroh, dann kommt Erde und gelegentlich zur Verfügung stehende andere Pflanzenmassen; den geringsten Werth hat die Waldstreu.

Weizen- und Roggenstroh werden am gewöhnlichsten zur Einstreu benutzt, dann das Gersten- und Haferstroh. Erbsen-, Wicken- und Linsenstroh

dienen wohl fast immer zunächst als Futtermittel und nur die abgefressenen Stengel werden als Streu verwandt. Die sog. Waldstreu, Blätter, Nadeln, Moose, Flechten, Haidekraut u. dgl., hat wenig Werth und man schädigt in den meisten Fällen den Wald durch die Entnahme mehr, als dem Felde genützt wird. Erdstreu ist schwierig zu verarbeiten und zu verwenden.

§ 90. Die einzelnen Mistarten hängen hinsichtlich ihrer Beschaffenheit zunächst also ab von der Art der Thiere und von dem Futter derselben und lassen bestimmte Eigenthümlichkeiten erkennen. Der Rindviehmist ist wässeriger als die übrigen Dungarten und enthält die geringste Menge von Stickstoff. Er geht in Folge davon nur langsam in Fäulniß über und erwärmt sich bei dem Uebereinanderliegen nicht so sehr, als der Pferdemist. Bei dem Liegen und Trocknen wird er nicht krümlig und pulverig, sondern mehr compact und fest und seine Vertheilung im Boden wird dadurch eine schwierigere. Weil seine Zersetzung langsamer erfolgt, so ist damit keine sehr große Verflüchtigung von Ammoniak verbunden.

Die Pferdeexkremente sind trockener und stickstoffreicher als diejenigen des Rindes. Sie sind locker, hängen nur lose zusammen, zertheilen sich leicht und gehen unter starker Erwärmung rascher in Verwesung über als jene. Dabei tritt eine erhebliche Entbindung von Ammoniak auf. Wegen seiner schnelleren Zersetzbarkeit und der damit verbundenen Wärmeentwicklung gilt er als hitziger Dünger, der rascher, aber auch weniger nachhaltig wirkt als der Rindviehmist, den man als kalt bezeichnet.

Die Schafexkremente enthalten noch mehr Stickstoff und noch weniger Wasser als die der Pferde; sie erhitzen und zersetzen sich leicht und gelten als hitziger Dünger. Durch das Liegenlassen im Stalle und das Vermischen mit den flüssigen Ausscheidungen wird die Zersetzbarkeit des Schafmistes befördert und sein Werth als Pflanzennahrungsmittel erhöht. Der Hordendünger ist kräftiger, als der Stalldünger; das zu pferchende Feld muß gut bearbeitet sein.

Der Schweinemist ist sehr verschieden, weil die Ernährung dieser Thiere sehr wechselt. Er gilt für einen weniger werthvollen und kalten Dünger, eine Ansicht, die nur dann berechtigt ist, wenn die Schweine schlecht ernährt werden. Ist das Gegentheil der Fall, werden den Thieren Bohnen, Erbsen, Kleie u. dgl. gereicht, so reiht sich der Dung demjenigen der Pferde und Schafe an.

Im Urin der Thiere kommen größere Schwankungen in dem Verhältniß der festen Stoffe und dem Wassergehalt vor, die von dem Tränkwasser und dem Wassergehalt des Futters abhängen. Bei dem Rindvieh wechselt der Wassergehalt zwischen 3 und 8 Prozent. Man kann annehmen, daß der Harn der Schafe am besten, d. h. am reichsten an für die Pflanzenernährung wichtigen Verbindungen ist. Dann folgt der der Pferde, des Rindviehs und zuletzt der der Schweine.

Ein Kubikfuß Kuhexkremente wiegt ungefähr 44—50 Pfund, ein Kubikfuß Pferdeexkremente 30—34, ein Kubikfuß Schafexkremente 32—36 und ein Kubikfuß Schweineexkremente 40—50 Pfund. Das sogenannte hitzige und kalte Naturell der Mistarten erklärt sich aus ihren Eigenschaften. Von

den mit dem Tränkwasser eingeführten Mineralbestandtheilen hängt es ab, daß in den thierischen Ausscheidungen mehr unorganische Verbindungen sind, als durch das Futter gereicht werden.

§ 91. Die menschlichen Abfälle haben eine ähnliche Zusammensetzung, die ebenfalls sehr von der Ernährung abhängt. Im Harn der Menschen findet sich auch Phosphorsäure. 1000 Pfund fester Ausscheidungen enthalten ungefähr 250 Pfund fester Bestandtheile und darin 7 Pfund Stickstoff, 5—6 Pfund Phosphorsäure und 3—4 Pfund Alkalien; 1000 Pfund Harn etwa 40 Pfund feste Stoffe mit vielleicht 10 Pfund Stickstoff, $1^1/_2$ Pfund Phosphorsäure und 2 Pfund Alkalien. Daraus geht hervor, welche große Bedeutung die menschlichen Ausscheidungen besitzen, daß sie einen sehr bedeutenden Düngerwerth repräsentiren und daß die Erhaltung und Nutzbarmachung derselben in land- und volkswirthschaftlicher Hinsicht von der allergrößten Bedeutung ist. Der Latrinendünger enthält im Allgemeinen mehr Wasser.

Ein erwachsener Mensch scheidet jährlich ungefähr aus: 49 Kilogr. feste und 438 Kilogr. flüssige Stoffe; zusammen 487 Kilogr. Davon enthalten die festen 11,1 und die flüssigen 23,3 Kilogr. feste Bestandtheile. In beiden zusammen sind ungefähr enthalten 28 Kilogr. organische Massen, 5 Kilogr. Stickstoff, 6,7 Kilogr. Asche, 1,2 Kilogr. Phosphorsäure und 1 Kilogr. Kali. Auf die Kopfzahl großer Städte übertragen, multipliciren sich diese Zahlen sehr bedeutend und geben ein Bild von der maßlosen Vergeudung von Stoffen, die unsern Feldern entstammen und die Brod und Kleidung liefern könnten für Viele. Bei der Zersetzung der menschlichen Exkremente, die sehr schnell erfolgt, entstehen gesundheitsnachtheilige Verbindungen, die das Auftreten von choleraartigen Krankheiten u. s. w. mindestens befördern. Um dies zu verhindern, müssen sie möglichst rasch aus den Wohnungen fortgeschafft und für eine genügende Desinfection gesorgt werden. Hinsichtlich der Ansammlung verdient das Abfuhrsystem den Vorzug vor der Kanalisation, die im Allgemeinen vom volks- und landwirthschaftlichen Standpunkte aus zu verwerfen ist. In flüssiger Form werden die menschlichen Ausscheidungen, mit der 3—4-fachen Menge Wasser verdünnt, wie Jauche angewandt. In unverdünnter Form sind sie gleichmäßig auszubreiten und unterzupflügen. Im festen Zustand finden sie Verwendung als Kompost oder als Poudrette (Urate). Ein Auffammeln durch Stroh und eine Verwendung mit dem Stalldünger ist sehr zu empfehlen. Der Geldwerth der jährlichen Exkremente eines Menschen beträgt mindestens jetzt 10—12 Mark. Die getrockneten Uratmassen nennt man Poudrette.

§ 92. Die Behandlung des Mistes. Soll der Dünger seinem Zweck, durch möglichst viele Pflanzennahrungsmittel in leicht aufnehmbarer Form und durch geeignete physikalische Beschaffenheit die Fruchtbarkeit der Felder zu vergrößern, entsprechen, so muß auf seine Behandlung während des Aufbewahrens eine große Sorgfalt verwandt werden, und Alles geschehen, um ihn vor Verlusten zu schützen. Solche Verluste können in löslichen und in flüchtigen Verbindungen bestehen und können auch durch mechanische Ursachen, durch Verschleppen, Sturm oder Wegspülen bedingt werden. Gegen Verlust

an löslichen Stoffen, durch das Verlorengehen von Harn oder in Wasser gelösten Bestandtheilen des Kothes schützt eine geeignete Beschaffenheit der Unterlage, d. h. des Bodens, und die Einstreu; gegen solchen an gasförmigen Verbindungen die letztere und die Verwendung von künstlichen Konservationsmitteln. Die darauf hinzielende Behandlung des Mistes muß schon im Stalle beginnen.

Der Boden oder die Unterlage muß undurchlassend sein, damit die löslichen Stoffe nicht in den Untergrund sickern. Zu diesem Zwecke empfehlen sich am meisten Ausmauerungen und Verbindung der Mauersteine mit Cement. In Pferdeställen nimmt man die Pflastersteine hochkantig, in Rind- und Schweineställen flachkantig. In Schafställen kann Erde als Unterlage angewendet werden, weil die Schafe nur kleine Mengen von Harn abscheiden und sich keine Flüssigkeit in denselben ansammeln kann. Im Uebrigen ist Erde als Boden zu verwerfen. Soll sie doch benutzt werden, so muß es sehr bindiger Thon sein. Auspflasterungen allein schützen ebenfalls nicht, dieselben sind am besten mit Cement zu dichten, oder doch durch eine Thonunterlage und eingestampfte Thonschichten möglichst wasserdicht zu machen.

Damit die Einstreu ihren Zweck erfülle, muß ein bestimmtes Verhältniß zwischen ihr und den Exkrementen herrschen; ihre Menge muß um so größer werden, je wasserreicher die thierischen Ausscheidungen sind. Bei den Pferden rechnet man für das Thier und den Tag 4—6 Pfund Stroh, oder besser $^{1}/_{3}$ von der Trockensubstanz des Futters; bei dem Rindvieh 5—10 Pfund, oder $^{1}/_{3}$ der Trockensubstanz des Futters, und bei den Schweinen 6—7 Pfund. Die wenigste Einstreu bedürfen die Schafe. Bei Strohmangel empfiehlt sich die Verbindung der Stroheinstreu mit der Erdeinstreu; auf eine Schicht trockener Erde kömmt eine Schicht Stroh. Reine Erdstreu ist am ehesten bei den Schafen verwendbar, bei dem Rindvieh weniger gut, bei den Pferden gar nicht. Man rechnet auf 1000 Pfund lebend Gewicht pro Tag und Thier 0,067 Kub.-Meter.

An manchen Orten bleibt der Dünger unter dem Vieh liegen, bis er auf das Feld gebracht werden soll. Dabei durchdringt die Jauche das Streumaterial vollständig und wird so aufgesammelt und mit den festen Exkrementen vermengt. Dadurch wird der Dung sehr gleichartig, und das Festtreten durch die Thiere, mit dem eine langsame Zersetzung verbunden ist, befördert diese Gleichmäßigkeit. Ein weiterer Vortheil dieser Methode besteht in der gleichmäßigen Temperatur, unter der die Zersetzung des Düngers erfolgt, und dem Geschütztsein vor den Einwirkungen der Atmosphäre. Dabei ist nothwendig, daß die Ställe höher, die Krippen verstellbar, und reichliche Streumaterialien vorhanden sind.

Die Nachtheile, welche bei dem Liegenlassen des Dunges unter den Thieren hervortreten, bestehen vorwiegend in den gesundheitsnachtheiligen Einflüssen, die sich leicht dabei einstellen können. Die großen Mengen von Kohlensäure und Ammoniak, welche auftreten, werden häufig nachtheilig wirken und können in Verbindung mit anderen Produkten der Zersetzung zu Krankheitsursachen werden. Auch ist die Stalleinrichtung eine wesentlich theurere. Das Einstreuen muß täglich mehreremal erfolgen, und die Exkremente müssen öfters nach vorn gezogen werden.

Die bei der Fäulniß und Verwesung der thierischen Ausscheidung auftretenden flüchtigen Gase, von denen Ammoniak das wichtigste ist, werden festgehalten durch das Streumaterial und durch chemische Mittel. Das Ammoniak, welches sich durch seinen stechenden Geruch bemerkbar macht, entweicht als kohlensaures Ammoniak (Ammoniumcarbonat). Dadurch droht der Wirthschaft ein unmittelbarer Verlust und der Gesundheit der Thiere eine bestimmte Gefahr. Das empfehlenswertheste Mittel, die letztere zu beseitigen und das Ammoniak vor der Entweichung zu schützen, ist der Gyps (Calciumsulfat). Pulverförmig wird täglich eine kleine Menge davon über den Mist gestreut. Ein Prozent der täglichen Mistmenge genügt.

Bei den Pferden rechnet man 1/3 Pfund, bei dem Rindvieh 1 Pfund, bei den Schafen auf 10 Stück 1/2 Pfund. Durch den Gyps, der sich in 400 Theilen Wasser löst, wird das riechende und flüchtige kohlensaure Ammoniak in geruchloses und bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüchtiges schwefelsaures Ammoniak (Ammoniumsulfat) verwandelt, welches leicht von Wasser gelöst und von den Streumaterialien aufgesaugt wird. Statt des Gypses kann auch sehr stark mit Wasser verdünnte Schwefelsäure benutzt werden, mit der man täglich den Dung besprengt. In einen Eimer mit Wasser gieße man unter Umrühren nur so viel starke Schwefelsäure (eine Tasse voll), daß das Wasser stark sauer schmeckt, und besprenge damit den Stallboden und den Mist. Die Salzsäure empfiehlt sich in Ställen nicht wegen der Nebel, die dabei auftreten, Eisenvitriol darf nicht benutzt werden, weil das Eisenoxydul nachtheilig werden kann.

§ 93. Die Behandlung des Düngers außerhalb des Stalles beruht auf denselben Grundsätzen.

In unseren Gegenden erfolgt die Aufbewahrung des Düngers auf der Miststätte, meistens aber in einer Weise, welche die größten Verluste mit sich bringt und als ein Krebsschaden der Wirthschaft erscheint. Wind und Wetter können ungehindert einwirken, womöglich leitet man Dachrinnen darauf; Dächer ohne Rinnen, von denen das Wasser unmittelbar auf den Dünger läuft, sind etwas ganz Gewöhnliches. Durch das zuströmende Wasser wird der Dünger ausgelaugt und indem dasselbe wegläuft, schwemmt es eine Menge der wirksamsten Pflanzennährstoffe mit fort. Die Größe dieses Verlustes wird zur Zeit noch lange nicht gehörig gewürdigt, man bedenkt nicht, daß ein kleiner täglicher Verlust im Verlauf eines Jahres ein großer wird, und beachtet nicht, daß man manches Schock Getreide und manchen Sack Kartoffeln mehr bauen würde, wenn man solchen Verlusten vorbeugte. Zur Bildung von 1000 Pfd. Weizenkörner sind nothwendig: 8 Pfd. Phosphorsäure, 5 1/2 Pfd. Kali, 21 Pfd. Stickstoff. In 1000 Pfd. mäßig verrottetem Stallmist sind enthalten: 2 1/2 Pfd. Phosphorsäure, 6 1/2 Pfd. Kali und 6 1/2 Pfd. Stickstoff. 1000 Pfd. Jauche enthalten 1/10 Pfd. Phosphorsäure, 5 3/4 Pfd. Kali, 1 1/2 Pfd. Stickstoff. Schon 12 Ctr. Jauche enthalten also so viel Kali, als zur Bildung von 10 Centnern Weizen nöthig ist.

Jeder, der sich aber die Mühe gegeben hat, annähernd den Verlust zu berechnen, welchen er durch schlecht angelegte Düngerstätten

hat, wird vor demselben erschrecken. Es dauert nicht lange, um ein Faß Jauche weglaufen zu lassen, und die von der Düngerstätte ablaufende Flüssigkeit ist noch reicher an Pflanzennährstoffen, als der reine Harn, weil sie die festen Excremente ausgewaschen hat. Doch nicht allein durch Wegschwemmen, sondern auch durch Wind und Luftzug werden Verluste hervorgerufen, wenn die Düngerstätte nicht günstig angelegt ist, und muß man, um solchen Verlusten vorzubeugen, die Düngerstätte so einrichten, daß:

1) Die Flüssigkeit nicht in den Boden einsickert, sondern, wenn sich eine größere Menge derselben am Boden gesammelt hat, in das Jauchenloch einlaufen kann. In den flüssigen Exkrementen ist besonders Kali, in den festen vorwiegend Phosphorsäure enthalten. Beide sind für die Ernährung der Pflanze gleichwerthig und müssen zusammen auf das Feld gebracht werden, wenn die Düngung eine vollständige sein soll. Die Jauche muß also immer und immer wieder auf den Mist gepumpt werden und diejenige, welche nicht mechanisch von deren Stoffen festgehalten wird, muß wieder in die Jauchengrube fließen. Sie darf nicht in der Düngerstätte stehen bleiben, weil sonst Fäulnißvorgänge, welche nachtheilig auf die Qualität des Düngers einwirken würden, eintreten; sie darf aber noch viel weniger in den Untergrund dringen, weil sie sonst unmittelbar verloren geht. Der Untergrund der Düngerstätte muß also undurchlassend sein. Man erreicht dies durch Ausschlagen mit einem sogenannten fettigen Thon oder Letten, durch Belegen dieser Thonunterlage mit gut gearbeiteten Pflastersteinen und Aufschütten der Zwischenräume mit Thon. Hat man keine Thonunterlage, so genügt das Auspflastern und Ausfüllen der Zwischenräume mit Thon nicht, oder nur unvollständig, und man muß das Mauerwerk mit Cement vollständig dicht machen. An einer Stelle muß die Düngerstätte etwas vertieft und mit einem Abflußrohr versehen sein, durch welches die überflüssige Jauche immer wieder in das Jauchenloch fließt, um von da von Zeit zu Zeit wieder auf den Dünger gepumpt zu werden.

2) Sie muß vor dem Zutritt von Wasser geschützt sein. Demzufolge hat man darauf zu sehen, daß keine Dachtraufe auf die Düngerstätte fällt, daß sie nicht zu tief liegt und zu tief ist, und daß das Regenwasser, welches sich im Hofe ansammelt, nicht auf sie fließt. Letzteres läßt sich erreichen durch ausgemauerte Rinnen, welche rings um die Düngerstätten anzulegen sind.

3) Sie muß dem Stalle nahe, nicht zu klein und möglichst vor Witterungseinflüssen geschützt sein. Häufig kann man solchen Schutz durch Bäume schaffen, wenn er durch die Gebäude nicht an sich geliefert wird. Mit Erfolg hat man auch Düngerstätten überdacht, doch ist dasselbe kaum nothwendig.

Der Jauchenbehälter, Jauchenbrunnen, welcher natürlicherweise ebenfalls undurchlassend und vor Wasserzufluß geschützt sein muß, ist in die Nähe der Düngergrube zu bringen, damit mit Hülfe einer Pumpe (Kettenpumpe) die Jauche über den Dünger gepumpt werden kann. Durch hölzerne Rinnen kann man leicht für die Vertheilung sorgen. Häufig und mit großem Erfolg bringt man in die Jauchenlöcher große Fässer oder Bottiche, umgibt diese mit Thon oder Letten und bedeckt sie mit hölzernem Deckel. In dem Behälter ist die Jauchenpumpe angebracht.

§ 94. Bei dem Aufbewahren und bei dem älter Werden des Mistes erleidet er eine Reihe von Veränderungen. Es entstehen in

Folge der Verwesungs- und Fäulnißvorgänge flüchtige Körper wie Kohlensäure, Ammoniak, Kohlenwasserstoffe und Schwefelwasserstoff. Daneben wird freies Stickstoffgas entbunden und Wasser gebildet. Die Endprodukte einer jeden Umbildung organischer Substanzen, die man im Allgemeinen auch als Gährung bezeichnet, sind besonders Kohlensäure, Ammoniak und Wasser; ehe sie aber so weit vorgeschritten ist, entstehen als Uebergangsstufen die Humuskörper, die in dem vermodernden Stalldung in reicher Menge auftreten. In Folge dieser Veränderungen wird der Mist stets ärmer an organischen verbrennbaren Bestandtheilen und erleidet einen stetigen Verlust an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel. Je mehr die organischen Bestandtheile sich vermindern, um so reicher wird er an Mineralstoffen, deren Löslichkeit gleichzeitig erhöht und vergrößert wird. Um sich bei der Aufbewahrung des Mistes möglichst vor Verlusten zu sichern, hat man folgende Punkte festzuhalten:

1) Der Dünger muß fortwährend in einem mäßig feuchten Zustande erhalten werden und zwar mit Hülfe der Jauche. Wir haben schon hervorgehoben, wie wesentlich es ist, den Dünger als Ganzes zu verwenden und nicht die Jauche allein auf das Feld zu bringen. Man erreicht dieses, indem man die Jauche, welche durch den Düngerhaufen hindurch in das Jauchenloch gelangt, von Zeit zu Zeit auf denselben zurückpumpt. Gleichzeitig erreicht man aber dadurch auch noch, daß die Gährung des Haufens eine langsame und gleichmäßige wird, nicht zu rasch und nicht zu langsam verläuft. Trocknen die oberen Schichten des Haufens zu sehr aus, so bleibt wegen Mangel an Wasser die Zersetzung desselben auf einem gewissen Punkt stehen oder schreitet nur außerordentlich langsam vor. Fehlt es im Innern des Haufens an Feuchtigkeit, so erwärmt sich derselbe zu sehr, und die Verflüchtigung der wichtigen Pflanzennahrungsmittel wird eine zu große. Hat man zum Befeuchten keine Jauche, so ist Wasser zu nehmen, aber stets ist der Dünger in feuchtem Zustande zu erhalten, weil nur dadurch einer zu raschen Zersetzung und den mit dieser Hand in Hand gehenden Verlusten vorgebeugt wird.

2) Der Dünger muß gleichmäßig aufgeschichtet, und die verschiedenen Düngerarten müssen sorglich vermischt werden. Wird der Dünger ungleich aufgeschichtet, so bietet er den Einwirkungen der Luft und des Wassers ungleiche und verschiedene Flächen, und demzufolge wird auch die Zersetzung eine ungleiche sein. Pferdemist oder sogenannte hitzige Dünger sind leichter zersetzbar, als Dünger vom Rindvieh, welcher mehr Wasser enthält. Man muß, um eine gleichmäßige Zersetzung zu erzielen, die verschiedenen Dünger mit einander mischen und dieselben möglichst, am besten durch die Thiere selbst, festtreten lassen.

3) Der Dünger ist mit Zusätzen von Erde, Gyps, Torfpulver u. dgl. zu versehen. Obgleich der Verlust an werthvollen Stoffen während der Gährung des Düngers, wenn diese nur richtig geleitet, der Dünger gehörig feucht gehalten und gleichmäßig aufgeschichtet wird, nicht sehr bedeutend ist und wenn der Dünger nicht allzulang, vielleicht nur 2—3 Monate im Hofe liegen bleibt, gleich Null betrachtet werden kann, so sind doch die Zusätze von Erde, Torf, Gyps u. dgl. sehr zu empfehlen. Erden, vorzüglich humusreiche, und Torfpulver, welche schichtweise auf den Dünger gestreut werden, wirken wie

Schwämme. Sie saugen das Ammoniak und die übrigen gasförmigen sowie die flüssigen Verbindungen auf und halten sie mechanisch fest, während der Gyps vorzüglich durch seine chemische Zusammensetzung wirkt und das Ammoniak bindet.

Ebenso sehr wie die Anwendung des Gypses empfohlen werden muß, ist vor dem Ausstreuen von Kalk oder Asche auf die Düngerhaufen zu warnen. Bringt man gebrannten Kalk und ein Ammoniaksalz zusammen, so wird durch den Kalk das Ammoniak in Freiheit gesetzt und verflüchtigt sich. Streut man Asche auf den Düngerhaufen, so tritt dasselbe ein, das Ammoniak, welches sich durch Zersetzung der organischen stickstoffhaltigen Substanzen des Düngers gebildet hat, wird ausgetrieben und man erleidet bedeutende Verluste.

Sehr gut zu empfehlen ist die Behandlung der Jauche im Jauchenbehälter mit Schwefelsäure, 1 Kilogramm auf 60—70 Kilogr. Jauche, oder mit Salzsäure, 1 Kilogr. auf 70—80 Kilogr. Es wird dadurch jede Verflüchtigung des freiwerdenden Ammoniaks sicher verhindert. Das Einstreuen von Gyps in die Jauchengruben ist unzweckmäßig, weil man Mühe hat das entstandene Calciumcarbonat wieder zu entfernen. Die ungefähre Zusammensetzung der Jauche zeigt die Tabelle über die Zusammensetzung der Düngmittel.

§ 95. Da man in unseren Gegenden den Stallmist fast niemals ohne Einstreu ansammelt, so besitzt derselbe meist ein strohiges Ansehen und enthält ein gutes Theil unverändertes und unzersetztes Stroh. Dieses Stroh kann nur zur Wirkung gelangen, wenn es ebenfalls in einen zersetzten Zustand übergeführt wird, ähnlich demjenigen, in welchem sich die Ueberreste der Futtermittel befinden, nachdem sie aus dem Thierkörper herausgetreten sind. Diese Ueberführung wird gewissermaßen durch Ansteckung der schon zersetzten Düngertheile vermittelt, d. h. die Zersetzung wird von jenen auf das Stroh übertragen. Um die Zersetzung vollständig und rasch einzuleiten, ist vor allen Dingen Wärme und Feuchtigkeit nothwendig. In der Düngerstätte sind diese viel vollständiger vorhanden und können viel eher regulirt werden, als im Felde. Häufig genug hat man Gelegenheit zu bemerken, wie lange die strohigen Theile des Stallmistes im Boden liegen, ohne wesentlich verändert zu werden, während wenige Wochen hinreichen sie auf der Düngerstätte in einen Zustand überzuführen, welcher eine rasche Wirkung im Boden ermöglicht und gleichmäßig während 3—4 Jahren auszuüben im Stande ist. Ein frischer, strohiger Mist wird in gutem Culturboden stets langsamer und ungleichmäßiger wirken, als ein mäßig angefaulter, und seine Wirkung wird viel mehr von dem Wetter beeinflußt werden, als diejenige des verrotteten. Ferner ist auch noch hervorzuheben, daß die Anwendung von frischem Mist dem Entstehen von Brand im Getreide Vorschub leisten kann, womit indeß nicht gesagt sein soll, daß man durch die Anwendung von angefaultem vollständig dagegen geschützt sei. Dagegen ist die Wirkung des mäßig vergohrenen Stallmistes eine raschere und gleichmäßigere. Er enthält alle Pflanzennahrungsmittel in einem Zustande, welche eine leichte Verwendung durch die Pflanze ermöglichen und einen raschen und günstigen Einfluß auf den Boden ausüben können, und seine Unter=

bringung ist leichter als diejenige eines strohigen und frischen. Da der Dünger aber nicht nur direkt Pflanzennahrungsmittel liefern, sondern auch die physikalische Beschaffenheit des Feldes verbessern soll, so wird sich die Anwendung von verrottetem gleichmäßigem Mist vornehmlich nur auf bereits in guter Cultur stehenden Feldern empfehlen, während der frische, lange Dung, weil er auflockernder und trocknender wirkt, auf schweren, nassen und bindigen Bodenarten den Vorzug verdient.

Ueber die chemischen Veränderungen, welche der Stalldung beim Liegen unter fortschreitender Zersetzung erleidet, gibt eine vergleichende Untersuchung von Völcker das deutlichste Bild. Der Dung wurde von Pferden, Rindern und Schweinen gewonnen.

10,000 Pfund Stalldung enthielten:	in frischem Zustand		in stark zersetztem Stadium	
		hiervon in Wasser löslich		hiervon in Wasser löslich
Wasser	6617	—	7542	—
Organische Stoffe	2824	248	1653	371
Hierin Stickstoff	64 1/3	15	60 1/2	30
Mineralstoffe	559	154	805	147
Hierin: Kali	67 1/2	57 1/3	49	44
" Kalk- und Talkerde	192	7 3/4	276	16 1/2
" Phosphorsäure	31 1/2	13 1/2	45	17 1/2
" Schwefelsäure	11 1/2	5 1/2	12	5 3/4
" Kieselsäure	176 1/2	23 3/4	269	25 1/2
" Natron, Chlor, Kohlensäure, Thonerde, Eisenoxyd	80	46 1/6	154	37 3/4

Daraus ergibt sich: 1) daß ein gleiches Gewicht verrotteten Dungs mehr von allen Mineralstoffen und Wasser, dagegen weniger organische Stoffe und Stickstoff als der frische Dung enthält. Diese relative Anhäufung der Mineralstoffe erklärt sich aus der Abnahme der organischen Substanzen.

2) daß die Menge von in Wasser löslichen Stoffen, ferner die Menge organischer löslicher Verbindungen und löslichen Stickstoffes (Ammoniak, salpetersaure Salze) in verrottetem Dung bedeutender als in frischem ist. Letzterer enthält nur eine ganz geringe Menge Ammoniak, da der Stickstoff hier meist in noch unauflöslichem Zustande vorhanden ist.

Ungünstiger werden die Verhältnisse, wenn der Stallmist halbe Jahre lang und noch länger liegt oder seine Zersetzung zu rasch verläuft. Die Menge desselben kann sich dann um die Hälfte vermindern, und es können bedeutende Verluste eintreten. In solchen Fällen hat man dann doppelte Vorsicht und Aufmerksamkeit auf gehörige Zusätze von Erde u. dgl. zu verwenden, um den Verlusten vorzubeugen. Auch bei kleinen Düngerhaufen ist das Letztere nöthiger, als bei großen, weil diese mehr den Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt sind. —

Ist der Mist auf das Feld gebracht, so ist es am besten, wenn er gleich gebreitet und untergebracht werden kann. Ist dies unthunlich, so soll man nicht zu kleine Haufen machen und womöglich etwas

Erde darüber decken, damit nicht so viel Ammoniak sich verflüchtige. Zweckmäßig ist es, die Erde, auf welcher der Haufen gestanden hat, etwas auszugraben und zu verbreiten. Eine Verflüchtigung von Ammoniak ist bei dem Obenaufliegen nicht allzu sehr zu befürchten, einmal, weil in einem gut behandelten Dünger an sich wenig freies Ammoniak ist, und zweitens, weil die Absorptionsfähigkeit des Bodens die Gefahr vermindert. Von manchen Seiten empfiehlt man sogar ein längeres Obenaufliegen. Unbedingt nothwendig wird ein rasches Unterbringen, wenn das Feld schräg liegt oder sehr naß ist. Liegt das Feld nicht ganz eben, so läuft man Gefahr, daß durch Regen u. s. w. der Dünger ausgewaschen und fortgespült wird. Ist das Feld zu naß, so wird einmal die Austrocknung desselben verhindert, wenn der Dünger oben aufliegt, und weiter sind auch nasse Felder stets kalte Felder, welche die bei der Zersetzung des Düngers entstehende Wärme doppelt gut brauchen können.

Die Frage, wie tief der Dünger unterzubringen, richtet sich nach der Frucht, welche gebaut werden soll. Im Allgemeinen hat man den Dünger dahin zu bringen, wo sich die Pflanzenwurzeln ausbreiten. Tiefwurzelnde Pflanzen bedürfen einer tiefen Unterbringung und so umgekehrt; stets aber muß der Dünger vollständig mit Erde bedeckt sein und ist er im Nothfall mit Hülfe des Rechens unterzuharken, wenn es, wegen zu strohiger Beschaffenheit, mit dem Pfluge allein nicht geschehen kann. — Bei der Verrottung, bezüglich bei den Gährungsvorgängen, die entweder Oxydationserscheinungen (Verwesung) oder Reduktionsprozesse (Fäulniß) sind, spielen Pilze eine große Rolle.

13. Kapitel. **Die Stallmistwirthschaft, die Bodenerschöpfung und die Düngerberechnung. Die Beidünger und deren Zusammensetzung.**

§ 96. Aus den Bestandtheilen der Atmosphäre und des Wassers bildet die Pflanze mit Hülfe des Bodens ihre verbrennbaren organischen Verbindungen. Aus dem Boden nimmt sie ihre Mineralbestandtheile. — Die organischen Verbindungen zerfallen wieder in die einfachen Körper, aus welchen sie entstanden, gelangen wieder in die Luft und das Wasser und decken immer und immer wieder das Nahrungsbedürfniß der Pflanzen. Die Aschenbestandtheile, welche die Pflanze dem Boden entnommen hat, müssen dagegen demselben wiedergegeben werden. Der Boden hat sie hergegeben, dem Boden müssen sie wieder zufließen. Nur dann wird seine Fruchtbarkeit dauernd erhalten. — Um diesen einfachen Satz, das Ergebniß der letzten 30 Jahre, dreht sich die ganze Landwirthschaft.

Die bei weitem meisten Güter führen mehr aus, als ihnen durch die natürlichen Wiedererſatzquellen und vorzüglich durch die Wiesen zurückerstattet werden kann, und der Stallmist kann nicht als ausreichender Dünger bezeichnet werden.

Von den Mineralstoffen, welche die Pflanzen dem Boden entziehen, und welche durch den Verkauf der Marktwaaren der Wirthschaft entzogen werden, ist es besonders das Kali und die Phosphor-

säure, auf deren Ersatz man zu sehen hat. Unter gewöhnlichen Verhältnissen wird das Kali vollständig gedeckt durch die Fruchtbarkeit der Wiesen, und eine Verarmung des Bodens davon ist schon weniger leicht möglich, da er einen sehr großen Vorrath davon enthält. Die durch den Verkauf entzogene Phosphorsäure wird durch die Wiesen nicht vollständig ersetzt. Man führt stets eine etwas größere Menge aus, als man dem Acker wiedergibt. In jedem Culturboden ist aber ein sehr großer Vorrath von allen Pflanzennahrungsmitteln enthalten, an Phosphorsäure z. B. bis zu einer Tiefe von 3 Fuß gegen 6000 ℔; an chemisch gebundenem Stickstoff fast eben soviel, an Kali wohl 10—20mal soviel. Von diesem großen Vorrath wird jährlich durch Verwitterung und Verwesungsvorgänge eine gewisse Menge in eine zur Ernährung der Pflanze geeignete Form übergeführt, und diese gibt einen Ersatz für die ausgeführten Mineralstoffe, welche durch den Dünger nicht vollständig ersetzt worden sind. Tiefcultur und zweckmäßige Bearbeitung des Bodens lassen diese Ersatzquelle reichlicher fließen. Durch Zufuhr von geeigneten Futtermitteln, welche sich schon durch die Fütterung bezahlt machen, Kleien, Oelkuchen u. dgl. kann die Güte und die Menge des Stallmistes sehr verbessert werden, und kann man leicht dadurch die Ausfuhr und Einfuhr von Phosphorsäure im Gleichgewicht halten. Die natürliche Fruchtbarkeit der Wiesen muß durch eine gute Compostdüngung erhalten werden. — In kleinen Wirthschaften, wo die Ausfuhr von Getreide und Vieh keine sehr große ist, findet ein Raubbau nur selten statt, vorausgesetzt, daß der Dünger rationell behandelt und zu Rathe gehalten wird und das Wiesenverhältniß kein allzu schlechtes ist.

Bei der Frage hinsichtlich der Erschöpfung des Bodens durch die Cultur bezüglich der Rückerstattung der Pflanzennahrungsmittel an das Feld kommen von den Mineralstoffen nur die Phosphorsäure und das Kali in Betracht, während man in den seltensten Fällen auf einen Ersatz der übrigen zu sehen braucht. Diese Thatsache erklärt sich leicht daraus, daß einmal von den übrigen mineralischen Pflanzennahrungsmitteln, wie Kalk, Magnesia, Schwefelsäure, Kieselsäure u. dgl. eine nur sehr geringe Menge in der verkauften Marktwaare enthalten ist, daß zweitens der Boden meistentheils sehr viel davon enthält.

Hinsichtlich des Stickstoffes ist dieses etwas Anderes. In dem Boden ist er in nicht sehr großen Mengen enthalten, während die Culturpflanzen bedeutende Quantitäten davon gebrauchen, und häufig würde man gar nicht im Stande sein, künstlich die ganze Menge des entzogenen Stickstoffes zu ersetzen. Trotzdem aber vermag man leicht dem Felde Stickstoff dadurch zu verschaffen, daß man Feldstrecken mit solchen Gewächsen anbaut, welche eine große Menge ihrer Bestandtheile auf Kosten der atmosphärischen Luft bilden, gleichgültig, ob dies direkt oder indirekt geschieht; stets wird durch die Cultur derartiger Pflanzen eine große Menge von Stickstoff aus der Luft dem Boden zugeführt und sein Stickstoffgehalt dadurch vergrößert. Solche den Stickstoffgehalt des Bodens vermehrende Pflanzen werden von dem Landwirth als schonende bezeichnet. Es sind dies fast alle Futterpflanzen, besonders die blattreichen Kleearten u. dgl. Ueberhaupt ist es ausgemacht, daß die Pflanzen

ihren Stickstoffbedarf auf Kosten der Luft mit Hülfe des Bodens zu decken vermögen, daß sie Ammoniak und Salpetersäure zu diesem Zweck aufnehmen, und diese Verbindungen, in mannigfaltigster Weise entstehend, immer und immer wieder der Pflanze dargeboten werden. Weiter ist es auch bekannt, daß die Fruchtbarkeit der Felder durchaus nicht von der Menge des darin enthaltenen Stickstoffes abhängig ist, so wichtig auch das Letztere ist und so günstig er auch auf die Cultur, besonders auf diejenige der Halmfrüchte, einwirkt. Für den betreibenden Landwirth kann dagegen wohl die Frage auftreten, ob es unter gegebenen Verhältnissen nicht vortheilhafter sei, Stickstoff in der Form von Ammoniaksalzen oder Chilisalpeter anzukaufen und den Futterbau zu beschränken. Bei der Frage der Bodenerschöpfung und des Wiederersatzes muß aber der Stickstoff jetzt noch außer Rechnung bleiben, weil man nicht weiß, wie viel durch die atmosphärischen Niederschläge dem Boden und somit der Pflanze von seinen aufnehmbaren Verbindungen zugeführt wird, und weiter auch weil der Stickstoffgehalt des Stallmistes selbst eine zu veränderliche Größe ist.

Es bleiben also nur noch das Kali und die Phosphorsäure übrig, welche durch den Anbau und Verkauf von Erzeugnissen so vermindert werden könnten, daß eine geringere Ertragsfähigkeit der Felder die Folge davon wäre. (Wenn natürlich ein Boden wenig Kalk und Magnesia enthielte, wie z. B. reine Thonböden und Sandböden, so würde man auf Kalk und Magnesia dieselbe Rücksicht zu nehmen haben, wie auf Phosphorsäure und Kali). In demselben Maaße als die meisten Culturpflanzen wenig Kalk, Magnesia u. dgl. brauchen, bedürfen sie eine ungleich größere Menge von Kali und Phosphorsäure. Schon dieses spricht für die größere Wichtigkeit beider Verbindungen.

Am leichtesten kann die Gefahr der Verarmung bei der Phosphorsäure eintreten und zwar:

1) Weil ihre in dem Boden enthaltene Menge eine weit geringere ist, als diejenige des Kalis, 2) weil sie in den ausgeführten Produkten in größerer Menge enthalten ist als jenes und 3) weil eine bedeutende Menge von Phosphorsäure zur Knochenbildung der Thiere verbraucht wird.

Die Knochen bestehen durchschnittlich aus:

30—32	Prozent	organischer Substanzen (Knochenbein u. dgl.).
60—62	„	phosphorsaurem Kalk.
6—8	„	kohlensaurem Kalk.

Die gesammte Menge der darin enthaltenen Phosphorsäure beträgt circa 25 Prozent vom Gewicht der trockenen Knochen. Man weiß mit vollständiger Gewißheit, daß die Knochenbildung der Thiere sehr darunter zu leiden hat, wenn das Futter nicht eine gehörige Menge von Phosphorsäure in einer geeigneten Form enthält, und daß die gesammte Phosphorsäure der Knochen den Feldern entzogen worden ist. Die Knochen der Thiere gehen aber der Wirthschaft fast sämmtlich verloren, und zwar nicht nur der verkauften Thiere, sondern auch derjenigen, welche in der Wirthschaft geschlachtet und verbraucht werden, sei es, daß man die letzteren verkauft, oder daß sie durch Unachtsamkeit verloren gehen. Selbst aber für den Fall, daß man sie sammelt und wieder mit auf das Feld bringt, können sie nur in sehr langer Zeit wieder-

in einen solchen Zustand übergeführt werden, welcher eine Aufnahme durch die Pflanzen ermöglicht. Niemand wird glauben, daß ein Knochen ohne weiteres zur Pflanzenernährung dienen könne. Er muß erst zersetzt und in eine lösliche Form übergeführt werden, wenn dieses geschehen soll, und wenn der Mensch hierbei nicht die Zersetzung künstlich unterstützt und einleitet, so schreitet sie ganz außerordentlich langsam vor sich. Ein nicht minder großer Verlust erwächst der Landwirthschaft durch das Begraben der Leichen. Die Knochen der Menschen und mit ihnen eine bedeutende Menge von Phosphorsäure wird hierdurch dem landwirthschaftlichen Gewerbe entzogen. --

Weniger als bei der Phosphorsäure hat man hinsichtlich des Kalis zu befürchten, daß durch Verminderung seiner in dem Boden enthaltenen Menge, durch den üblichen Verkauf landwirthschaftlicher Produkte eine Verminderung der Bodenfruchtbarkeit eintrete, daß der Boden daran verarme. Einmal weil im Boden eine viel größere Quantität, als dies bei der Phosphorsäure der Fall war, enthalten ist, zweitens, weil die verkauften Produkte ärmer daran sind, und drittens, weil durch die Verwitterung der kalihaltigen Gesteine fortwährend neues aufnehmbares Kali den Pflanzen zur Verfügung gestellt wird. Dieses Verhältniß wird nur dann ein anderes, wenn man einen starken Kartoffel- und Rübenbau betreibt und diese Produkte verkauft. Durch den Verkauf der Kartoffeln von einem Morgen entzieht man demselben 8mal so viel Kali, als durch den Verkauf von Roggen, und durch den Verkauf von Rüben sogar 12—15mal soviel. — In solchen Fällen kann eine künstliche Zufuhr von Kalidünger angezeigt werden.

Im Allgemeinen aber kann man festhalten, daß die Wiesen im Stande sind den Ausfall an Kali zu decken, wenn die Verwitterungsvorgänge, die Düngung u. s. w. überhaupt einen solchen aufkommen lassen. Von einer guten Wiese gewinnt man pro Morgen ($^1/_4$ Hectare oder 25 Aren) jährlich 2000 ℔ Heu und Grummet. Diese kommen den Feldern durch die Fütterung zu Gute, da man meistens die Wiesen gar nicht oder nur wenig mit Stallmist düngt und kein Heu verkauft. In 2000 ℔ Heu und Grummet sind enthalten in Pfunden:

Stickstoff.	Kali.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.
26 ℔.	34 ℔.	15 ℔.	$6^1/_2$ ℔.	8 ℔.	7 ℔.

Unter gewöhnlichem kleinerem Betrieb entzieht man vielleicht durch Verkauf von Wirthschaftprodukten dem Felde $2^1/_2$ Pfund Kali und $3^1/_2$ Pfund Phosphorsäure pro $^1/_4$ Hectar und schon fünf Morgen Wiesen würden hinreichen, den durch die Ausfuhr von 15 Hectaren erlittenen Verlust an Kali zu decken.

Hinsichtlich der Phosphorsäure wird der Verlust bei einem solchen Verhältniß zwar nicht durch die Wiesen gedeckt, wohl aber nicht unbedeutend vermindert. Nimmt man ein besseres Wiesenverhältniß an, vielleicht 1 : 5 oder auch nur 1 : 6 d. h. auf 6 Morgen Feld 1 Morgen Wiese, so wird natürlich das Verhältniß hinsichtlich des Ersatzes der Mineralbestandtheile durch die Wiesen ein viel günstigeres. Man würde dann das Ackerland fortwährend mit Kali bereichern, da man eine doppelt so große Menge von den Wiesen gewinnt, als man dem Acker entzieht, und bei der Phosphorsäure würde man den Verlust um $^1/_3$ vermindern. (1 Morgen Wiese gibt 8 ℔ Phosphorsäure; 10 Morgen = 80 ℔; die Gesammtmenge der dem Feld entzogenen Phosphorsäure beträgt bei 60 Morgen Ackerland 210 ℔).

Es würde sich nun aber weiter die Frage aufwerfen, ob denn die alljährlich den Wiesen entzogenen Mineralstoffe, welche dem Felde zu Gute kommen, stets denselben ungestraft entzogen werden können, und ob sie nicht in Folge des fortwährenden Verlustes ebenfalls unfruchtbar werden. Schon die einfachste Beobachtung zeigt uns, daß wir viel eher eine Wiesenfläche ungedüngt lassen können, als ein Ackerfeld, um lohnende Erträge zu erhalten; weiter aber auch, wie dankbar die Wiesen für eine zweckentsprechende Düngung sind. Eine gewisse größere und länger nachwirkende Fruchtbarkeit muß man denselben zuerkennen und diese erklärt sich daraus, daß den Wiesen durch das Wasser, infolge von Ueberschwemmungen, Ueberrieselungen u. s. w., eine Menge von mineralischen Bestandtheilen zugeführt werden. Eine weitere Bereicherung erfahren sie durch den Wind, welcher stets der lockeren Ackerkrume Bodentheilchen entführt und auf den Wiesenflächen absetzt. Weiter aber auch sind die Wiesen nicht den verderblichen Wirkungen der Cultur, durch welche besonders die Humustheile des Bodens zerstört werden, unterworfen. Fließen nun die beiden erstgenannten Quellen reichlich genug, und wird den Wiesen durch Wasser und Wind eine genügende Menge Mineralstoffe zugeführt, wie dies vielleicht bei gut gelegenen Berg- und Waldwiesen der Fall ist, so werden sie keiner besonderen Düngung bedürfen. Ist dies aber nicht der Fall, und bei der Mehrzahl unserer Wiesen ist es so, so bedürfen sie einer Zufuhr von Düngemitteln. Vor allen Dingen aber dann, wenn sie wie die Wiesen der breiteren Flußthäler größtentheils aus aufgeschwemmtem Sand bestehen und sehr durchlassend sind. —

Eine Düngung der Wiesen mit Stallmist würde aber ihren Zweck, die Fruchtbarkeit des Ackerlandes zu erhalten und dem Ackerboden die Mineralbestandtheile wieder zu ersetzen, welche ihm durch den Verkauf der Marktwaare entzogen werden, geradezu widersprechen, da man dem Ackerfeld den Dünger entziehen müßte, welcher dem letzteren zuerst gehört. Eine Düngung der Wiesen mit Stalldünger würde aber auch geradezu eine Verschwendung sein. Wir wissen, daß der Stallmist nicht nur wegen der Menge der in ihm enthaltenen Pflanzennahrungsmittel so vortheilhaft auf die Ertragsfähigkeit der Felder einwirkt, sondern auch durch die Zersetzung seiner strohigen Theile, durch die damit zusammenhängende Entstehung von Ammoniak und Kohlensäure, durch die Bildung von Humuskörpern, durch seine erwärmenden und lockernden Eigenschaften u. s. w. Diese letzteren Wirkungen des Stallmistes gehen auf den Wiesen vollständig verloren, da er nur oben aufgestreuet werden kann. Endlich aber auch ist mit der Verwendung des Stallmistes eine Arbeitsverschwendung verbunden, da man doch das Stroh wieder von den Wiesen zu entfernen hat. — Man muß deßhalb, um die Wiesen zweckmäßig zu düngen und den Stallmist für das Feld zu sparen, einen anderen geeigneten Dünger aufsuchen, und diesen finden wir vor allem in dem Compost, welcher als eigentlicher Wiesendünger zu betrachten ist. Auch Poudrette und chemische Dünger sind dazu sehr geeignet.

Aus dem Vorstehenden dürfte sich ergeben haben, daß die Wiesen vollständig im Stande sind den Verlust an Kali, welches mit den-

verkauften Produkten ausgeführt worden, wieder zu ersetzen, daß dagegen der Verlust an Phosphorsäure wohl etwas vermindert, aber nicht vollständig ersetzt wird. Und in der That läßt sich bei reiner Stallmistwirthschaft ein Verlust von Phosphorsäure nicht ganz umgehen, und ihre Menge wird sich im Boden etwas vermindern. Glücklicherweise geht aber diese Verminderung so außerordentlich langsam vor sich, daß man eine Verminderung der Bodenfruchtbarkeit dadurch nicht zu befürchten hat, vorzüglich aber dann nicht, wenn man Sorge dafür trägt, daß der Boden gehörig bearbeitet wird, durch Tiefcultur und dergleichen, und daß dadurch immer neue Mengen von Phosphorsäure in den Kreislauf der Wirthschaft gezogen werden. Außerdem aber stehen dem Landwirth eine ganze Menge von Mitteln zu Gebote, durch welche er Phosphorsäure in seine Wirthschaft einführen, und durch welche er die Qualität und Quantität des Düngers so verbessern und vermehren kann, daß dadurch die Menge der Phosphorsäure mehr als vollständig ersetzt wird, welche er durch den Verkauf aus seiner Wirthschaft entfernt.

Bei dem jetzigen hohen Preis des Viehes und aller Viehzuchtsprodukte macht sich der Ankauf von Futterstoffen schon durch die verschiedenen Fütterungszwecke bezahlt, und man erhält die wichtigen Mineralbestandtheile, welche ja das Thier nicht bedarf, in den Exkrementen als reine Zugabe. Wohl wenig Wirthschaften dürfte es geben, wo nicht von Zeit zu Zeit Oelkuchen und Kleien, Biertrābern u. d. g. angekauft würden. Der Werth, den diese Stoffe als Futtermittel haben, ist ja vollständig bekannt. Gleichzeitig enthalten sie aber auch die wichtigsten Pflanzennahrungsmittel, und zwar enthalten:

	Stickstoff.	Kali.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.
100 ℔ Weizenkleie	2,2	1,3	0,2	0,9	2,8 ℔
„ „ Roggenkleie	2,3	1,9	0,2	1,1	3,4 „
„ „ Rapskuchen	4,5	1,3	0,6	0,6	2,0 „
„ „ Malzkeime	3,8	2,0	0,1	0,1	1,2 „
„ „ Biertrāber	0,7	0,05	0,1	0,1	0,4 „ .

Mit jedem gekauften Centner Kleien oder Oelkuchen führt man eine erhebliche Menge von Phosphorsäure auf das Feld zurück, und auch ein an sich geringfügiger Einkauf solcher Futtermittel wird im Stande, das Gleichgewicht wieder herzustellen.

§ 97. Zur Berechnung der Düngermenge dient das Futter und die Einstreu. Bei dem Pferd erhält man von 1 Kilogr. Trockensubstanz des Futters 2,1 Kilogr. frische Exkremente. Um die gesammte Düngermenge zu berechnen, ist somit die Trockensubstanz des vorhandenen und zu gebrauchenden Futters mit 2,1 zu multipliciren und die Einstreu hinzu zu addiren. Bei dem Rindvieh liefert ein Kilogr. Trockensubstanz des Futters 3,88 Kilogr. frische Exkremente. Multiplicirt man damit wie oben die Trockensubstanz des verabreichten Futters und multiplicirt die Einstreu (1/3 von der Trockensubstanz des Futters) dazu, so ergibt sich daraus die Mistmenge eines Rindes. Bei den Schafen ist der Faktor zur Multiplication der Trockensub-

stanz des Futters 2,09; für die Schweine läßt sich wegen der großen Verschiedenartigkeit der Fütterung nur schwer eine bestimmte Zahl angeben.

Bei zwei Pfund täglich gefütterter Trockenmasse 0,3 Kilogr. Einstreu berechnet sich der Mist eines Schafes pro Jahr auf 872 Kilogr. Das Rind liefert bei 13 Kilogr. täglich gefütterter Trockensubstanz ungefähr 55 Kilogr. frischen Dung pro Tag (13 . 3,88 + 4,33); ein Pferd 24 Kilogr. Mit Hilfe der Tabelle § 87 kann man die Trockensubstanz des täglichen Futters leicht berechnen. Ein Arbeitspferd gebraucht z. B. täglich

4—5	Kilogr.	Hafer	mit 3,48—4,25	Kilogr. Trockensubst.
5—6	„	Heu	„ 4,28—5,14	„ „
1—2	„	Häcksel	„ 0,85—1,69	„ „
			8,61—11,08	

Es liefert also nach den obigen Zahlen 8,61 . 2,1 = 18,07, bis 11,08 . 2,1 = 23,28 Exkremente. Im Mittel 20,67 Kilogr. Die Einstreu, deren Menge 1/3 von der wasserfreien Substanz des Futters beträgt, mit im Mittel 3,3 Kilogr. hinzuaddirt gibt = 23,97, also rund 24 Kgr. Dung.

Da die Bestandtheile des Düngers stets der Zusammensetzung der Nahrungsmittel entsprechen und bei ausgewachsenen Thieren, die nicht auf der Mast stehen, das Körpergewicht nur wenig zunimmt, so läßt sich auch die Zusammensetzung des Mistes leicht berechnen. In den festen und flüssigen Ausscheidungen der Thiere finden sich alle unorganischen Stoffe, welche denselben mit dem Futter gereicht worden, wieder. Addirt man die in der Nahrung und dem Streustroh enthaltenen Aschenbestandtheile, so ergibt die Summe den Gehalt des Mistes an jenen Stoffen.

Bei der Berechnung der Jahresmenge des Pferdedunges ist die Zeit zu bestimmen, welche sie im Stalle zubringen. Rechnet man 260 Arbeitstage jährlich und den Tag zu 12 Stunden, so bleiben 130 volle Tage und das Pferd bleibt somit 235 Tage im Stalle. Bei dem Rind sind die in der Milch enthaltenen Mineralstoffe in Abrechnung zu bringen, bei den Schafen können die in der Wolle enthaltenen ohne Berücksichtigung bleiben.

§ 98. Die Berechnung des Geldwerthes des Stalldüngers ist unsicher und der letztere sehr schwankend. In der Praxis bestimmt man den Werth häufig nach der Wirkung auf die Pflanzen. Im mittleren Grad seiner Zersetzung schätzt man den Produktionswerth von 10 Centner Stalldung gleich dem Werth von 61½ Liter Roggen. Ein anderes Mittel bieten die im Mist enthaltenen wichtigsten Nährstoffe und deren jemaliger Handelswerth. Es genügt dabei, die drei theuersten und wichtigsten Bestandtheile, den Stickstoff, die Phosphorsäure und das Kali, in Rechnung zu ziehen.

Zur Zeit kostet ungefähr ein Pfund

Stickstoff in der Form von Ammoniak und Salpetersäure, oder in leicht löslichen und leicht zersetzbaren organischen Verbindungen, wie im trocknen und gepulverten Blut, Fleischmehl, Peruguano und in dem reinen Urat . . . . Mark 1,10.

Stickstoff im staubfeinen gedämpften Knochenmehl, Fischguano, in der Poudrette und allen besseren Sorten von Kunstguano . . Mark 1,00.
„ im griesartigen oder feinsplitterigen, gesiebten Knochenmehl, Hornmehl und Wollstaub . . . . Mark 0,80.
„ in der Form grober Knochensplitter und Graupen, in Hornspänen, wollenen Lumpen, im rohen Menschenkoth und Harn, Stalldünger, in den rohen Leimkuchen (Leimkäse), Gerberei- und sonstigen unverarbeiteten Fabrik-Abfällen . . . . Mark 0,60.

Phosphorsäure, in Wasser löslich, wie in den Superphosphaten Mark 0,45.
„ im Peruguano und Urat . . . . Mark 0,35.
„ im gedämpften staubfeinen Knochenmehl, Fischguano, in der Poudrette (Kunstguano) und im präcipitirten phosphorsauren Kalk Mark 0,30.
„ im Bakerguano und in der Holzasche . . . . . Mark 0,28.
„ im griesartigen oder feinsplittrigen Knochenmehl, in feinpulveriger Knochenkohle und Knochenasche . . . . Mark 0,25.
„ in groben Knochensplittern, im rohen Menschenkoth und Harn, Stalldünger, Apatit- und Phosphoritpulver und in allerlei unverarbeiteten Fabrik-Abfällen . . . . Mark 0,20.

Die Taxe für das Kali ergibt sich aus den Preisen der Staßfurter Düngsalze. Das Kali kostet (Bahnhof Staßfurt) im Chlorkalium durchschnittlich 18 und im schwefelsauren Kali 36 Pf. pro Pfd.; nur in dem sogenannten „Rohen schwefelsauren Kali“ und in der „Rohen schwefelsauren Kali-Magnesia“ ist der Preis beträchtlich niedriger und demjenigen im Chlorkalium fast gleich (vergl. die Düngemittel-Tabelle).

Bei dem Ankauf von Kalisalzen sind die Frachtsätze wohl zu berücksichtigen, wie denn auch bei der Erwerbung von Stalldünger oder dem Kauf von Abtrittsdünger die Unkosten der Herbeischaffung sehr zu berechnen sind. Die jährlichen Ausscheidungen eines Menschen repräsentiren (§ 91) einen Werth von 10—12 Mark. In Flandern bezahlt man dafür circa 4 Mark; in Mannheim $2^1/_2$ Mark, in manchen Städten muß die Abfuhr sogar noch bezahlt werden.

§ 99. Zur Deckung des Deficits bei der Stallmistwirthschaft und aus vielen andern Gründen werden zur Zeit eine sehr große Menge von andern Düngemitteln benutzt, die allgemein die Namen concentrirte, chemische, künstliche Hilfsdünger oder Beidünger tragen. Die letzten Jahrzehnte schließen so große und überraschende Fortschritte in jedem einzelnen Zweig der Landwirthschaft ein, wie sie kein früherer Zeitabschnitt auch nur annäherungsweise aufzuweisen hat. Von dem industriellen Betrieb einer Hochwirthschaft bis in die Wirthschaft des kleinsten Bauern, von dem Dampfpflug bis zum gewöhnlichsten Geräthe lassen sich diese Fortschritte verfolgen, und unsere Vorfahren würden die Fluren nicht wiedererkennen, wäre es ihnen gestattet, sie noch einmal zu durchwandern. — Und was hat diese mächtigen Veränderungen, diese ungeheuren Fortschritte bewirkt? Eine ganze Reihe von Ursachen läßt sich angeben, die zusammenwirkend den riesenhaften Aufschwung des Gewerbes veranlaßten. Vermehrte Bedürfnisse und erleichterter Absatz, bessere Verkehrsstraßen,

das Verschwinden der Reste mittelalterlichen Zwangs, die Ausbildung der Technik und die Fortschritte der Naturwissenschaften kamen der Landwirthschaft zu statten. Die letztere scheute sich nicht in den Dienst des Gewerbes zu treten und brachte sich bald zur vollsten Anerkennung, besonders auch auf dem Gebiet der Düngung. Eine ganze Reihe von Düngemitteln hat die Chemie der Landwirthschaft zur Verfügung gestellt, ihre Eigenschaften erforscht und zur allgemeinen Kenntniß gebracht, und in großartigstem Maßstabe werden dieselben in unseren Tagen verwandt.

Die vorzüglichsten Zwecke, warum man diese Düngemittel benutzt, sind:

1) Dem Boden die ihm fehlenden Pflanzennahrungsmittel zuzuführen, ihn dadurch entweder zu bereichern, oder wenn er theilweise erschöpft sein sollte, wiederum zu kräftigen. Wir wissen, daß bei reiner Stallmistwirthschaft kein eigentlicher Raubbau geführt zu werden braucht, daß man dabei den Boden in guter Beschaffenheit erhalten kann, daß es aber auch dabei sehr leicht möglich ist, den Boden zu erschöpfen, und bis zu einem gewissen Grad unfruchtbar zu machen. Vor allen Dingen ist Gefahr wegen einer Verminderung der Phosphorsäure vorhanden. Durch Ankauf künstlicher Düngemittel hat man nun fortwährend Gelegenheit, eine etwaige eingetretene Erschöpfung wieder auszugleichen.

2) Durch eine Anwendung von künstlichen Düngemitteln kann man den Boden zu einer höheren Ertragsfähigkeit bestimmen. Es ist ein häufig nicht genug beachteter Punkt, daß die Unkosten, welche mit der Bearbeitung des Ackers verbunden sind, der Aufwand von Zeit und Kraft, durch die Anwendung künstlicher Dünger durchaus nicht vergrößert werden, daß man aber durch eine geeignete Verwendung desselben den Ernteertrag ganz bedeutend zu erhöhen im Stande ist. Die Erhöhung des Ernteertrags wird oft unterschätzt, weil man sich gewöhnlich nur auf das Auge verläßt. Wollte man sich die Mühe nicht verdrießen lassen, die Erträge gleich großer Parzellen von Feldern, welche ohne künstliche Düngemittel, und von solchen, welche damit gedüngt werden, zu wiegen, so würde man meistens finden, daß eine bedeutend hohe Rente durch dieselben erzielt wird. Von ganz vorzüglicher Wirkung und ganz außerordentlicher Rentabilität sind die Hilfsdünger bei den einzelnen Handelsgewächsen. Die meisten davon sind dem Lagern nicht ausgesetzt, wie Mohn, Raps, Tabak, Hopfen. Durch eine besonders reiche Düngung können sie zu hohen Erträgen veranlaßt werden, und der hohe Werth der Ernteprodukte läßt dieselben doppelt wünschenswerth erscheinen. Bei den Handelsgewächsen lohnt sich auch dann die Anwendung der künstlichen Dünger noch, wenn sie die übrigen Culturpflanzen nicht mehr besonders zu fördern vermögen.

3) Die künstlichen Düngemittel gewähren den großen Vortheil, sie jeder Zeit verwenden zu können. — Nicht selten kömmt es in der landwirthschaftlichen Praxis vor, daß man nicht im Stande ist, den Stallmist zur rechten Zeit an den Ort zu bringen, für welchen er ursprünglich bestimmt war; bei den ungleich concentrirteren Beidüngern wird dies nicht leicht der Fall sein können. Ferner ist man auch im Stande kränkelnde und schwache Saaten durch eine Ueberdüngung (Kopfdüngung) mächtig zu unterstützen und sie noch zu einer üppigen Entwicklung zu bringen.

4) Die künstlichen concentrirten Dünger sind nicht als Ersatzmittel des Stallmistes zu betrachten, sondern nur als Bei- oder Hilfsdünger desselben. Sie sollen den Stallmist nicht ersetzen, sondern nur vervollständigen. Ersatzmittel für den Stallmist werden sie nicht sein können, weil sie gewöhnlich nur wenige der einzelnen Pflanzennahrungsmittel enthalten, und weil der Stallmist nicht nur wegen seiner Bestandtheile, sondern auch wegen seiner physikalischen Beschaffenheit wirkt. Dagegen sollen die käuflichen Düngemittel den Stallmist vervollständigen, einzelne fehlende Stoffe ersetzen und die Ernteerträge verdoppeln.

§ 100. Die nachfolgende Tabelle von Wolf ergibt die mittlere Zusammensetzung der wichtigsten Düngemittel. Soweit sich diese auf die Exkremente der Thiere, in nicht weiter verarbeitetem Zustand, bezieht, ist sie nur als annähernd zu betrachten. Bezüglich des frischen Mistes (mit Streu) ist angenommen, daß bei Pferden, Rindvieh und Schweinen 1/3 des erzeugten Harns aus dem Stalle abläuft und sich in dem Jauchenbehälter sammelt. Als Streu sind für ein Pferd 6 Pfund, ein Rind 8 Pfund, ein Schwein 4 Pfund und ein Schaf 0,6 Pfund Weizenstroh täglich berechnet worden. Bei den Superphosphaten ist als durchschnittlicher Gehalt auf ein Pfund (Procent) löslicher Phosphorsäure 1½ Pfund wasserfreie Schwefelsäure gerechnet worden. Dividirt man die angegebene Menge Schwefelsäure mit 1,5, so findet man den meist garantirten Gehalt an löslicher Phosphorsäure.

Bezeichnung des Düngemittels.	Wasser.	Organische Substanz.	Asche.	Stickstoff.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Chlor.
I. Thierische Auswürfe. (In 1000 Theilen des Düngers).												
Frischer Koth:												
Pferd	757	211	31,6	4,4	3,5	0,6	1,5	1,2	3,5	0,6	19,6	0,2
Rindvieh . . .	838	145	17,2	2,9	1,0	0,2	3,4	1,3	1,7	0,4	7,2	0,2
Schaf	655	314	31,1	5,5	1,5	1,0	4,6	1,5	3,1	1,4	17,5	0,3
Schwein . . .	820	150	30,0	6,0	2,6	2,5	0,9	1,0	4,1	0,3	15,0	0,3
Frischer Urin:												
Pferd	901	71	28,0	15,5	15,0	2,5	4,5	2,4	—	0,6	0,8	1,5
Rindvieh . . .	938	35	27,4	5,8	14,9	6,4	0,1	0,4	—	1,3	0,3	3,8
Schaf	872	83	45,2	19,5	22,6	5,4	1,6	3,4	0,1	3,0	0,1	6,5
Schwein . . .	967	28	15,0	4,3	8,3	2,1	—	0,8	0,7	0,8	—	2,3
Frischer Mist (mit Streu):												
Pferd	713	254	32,5	5,8	5,3	1,0	2,1	1,4	2,8	0,7	17,7	0,4
Rindvieh . . .	775	203	21,8	3,4	4,0	1,4	3,1	1,1	1,6	0,6	8,5	1,0
Schaf	646	318	35,6	8,3	6,7	2,2	3,3	1,8	2,3	1,5	14,7	1,7
Schwein . . .	724	250	25,6	4,5	6,0	2,0	0,8	0,9	1,9	0,8	10,8	1,7

Bezeichnung des Düngemittels.	Wasser.	Organische Substanz.	Asche.	Stickstoff.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure und Sand.	Chlor und Fluor.
Gewöhnl. Stallmist:												
Frisch	710	246	44,1	4,5	5,2	1,5	5,7	1,4	2,1	1,2	12,5	1,5
Mäßig verrottet .	750	192	58,0	5,0	6,3	1,9	7,0	1,8	2,6	1,6	16,8	1,9
Stark verrottet .	790	145	65,0	5,8	5,0	1,3	8,8	1,8	3,0	1,3	17,0	1,6
Mistjauche . . .	982	7	10,7	1,5	4,9	1,0	0,3	0,4	0,1	0,7	0,2	1,2
Menschl. Fäces, frisch	772	198	29,9	10,0	2,5	1,6	6,2	3,6	10,9	0,8	1,9	0,4
Menschl. Urin, frisch	963	24	13,5	6,0	2,0	4,6	0,2	0,2	1,7	0,4	—	5,0
Gemenge beider, do.	935	51	16,0	7,0	2,1	3,8	0,9	0,6	2,6	0,5	0,2	4,0
Abtritt, meist flüssig	955	30	15,0	3,5	2,0	4,0	1,0	0,6	2,8	0,4	0,2	
Frischer Mist von:												
Tauben	519	308	173,0	17,6	10,0	0,7	16,0	5,0	17,8	3,3	20,2	—
Hühnern . . .	560	255	185,0	16,3	8,5	1,0	24,0	7,4	15,4	4,5	35,2	—
Enten	566	262	172,0	10,0	6,2	0,5	17,0	3,5	14,0	3,5	28,0	—
Gänsen	771	134	95,0	5,5	9,5	1,3	8,4	2,0	5,4	1,4	14,0	—
II. Allerlei concentrirte Düngemittel.												
(In 100 Theilen des Düngemittels).												
Peru-Guano . . .	14,8	51,4	33,8	13,0	2,3	1,4	11,0	1,2	13,0	1,0	1,7	1,3
Norweg. Fischguano	12,6	53,4	34,0	9,0	0,3	0,9	15,4	0,6	13,5	0,3	1,6	1,1
Ostpreuß. do.	12,0	57,9	30,1	7,1	0,2	0,6	12,5	0,5	10,1	0,4	5,0	0,8
Granat-Guano . .	17,2	49,0	33,8	8,2	1,8	1,6	11,3	0,6	3,0	0,4	10,7	1,0
Menschl. Fäces, nach Müller-Schür beh.	24,0	27,0	49,0	2,0	0,9	1,0	18,6	0,5	2,1	1,0	5,4	1,5
Pulver gefall. Thiere	5,7	56,9	37,4	6,5	0,3	0,8	18,2	0,4	13,9	1,0	1,7	0,2
Flechsenmehl . . .	27,8	56,6	15,6	9,7	—	—	7,0	0,3	6,3	0,1	1,1	—
Getrocknetes Blut .	14,0	79,0	7,0	11,7	0,7	0,6	0,7	0,1	1,0	0,4	2,1	0,4
Hornmehl u. Späne	8,5	68,5	25,0	10,2	—	—	6,6	0,3	5,5	0,9	11,0	—
Knochenmehl . . .	6,0	33,3	60,7	3,8	0,2	0,3	31,3	1,0	23,2	0,1	3,5	0,3
„ aus festen Knochentheilen . .	5,0	31,5	63,5	3,5	0,1	0,2	33,0	1,0	25,2	0,1	3,0	0,2
„ aus lockeren do.	7,0	37,3	55,7	4,0	0,2	0,3	29,0	1,0	20,0	0,1	3,5	0,2
Knochenkohle, rein .	6,0	10,0	84,0	1,0	0,1	0,3	43,0	1,1	32,0	0,4	5,0	—
„ gebraucht . .	10,0	6,0	84,0	0,5	0,1	0,2	37,0	1,1	26,0	0,4	15,0	—
Knochenasche . . .	6,0	3,0	91,0	—	0,3	0,6	46,0	1,2	35,4	0,4	6,5	—
Baker-Guano . .	10,0	9,0	81,0	0,5	0,2	1,2	41,5	1,5	34,8	11,5	0,8	0,3
Jarvis-Guano . .	11,8	8,2	80,0	0,4	0,4	0,3	39,1	0,5	20,6	8,0	0,5	0,2
Estremadura-Apatit	0,6	—	—	—	0,7	0,3	48,1	0,1	37,6	0,2	9,0	1,5
Sombrero-Phosphat	8,5	—	91,5	0,1	—	0,8	43,5	0,6	35,0	0,5	1,0	0,6
Navassa-Phosphat .	2,6	5,4	92,0	0,1	—	—	37,5	0,6	33,2	0,5	5,0	0,1
Nassauer Phosphorit, reich . . .	2,6	—	97,4	—	0,8	0,4	45,1	0,2	33,0	0,3	5,5	3,1
„ mittel . . .	2,5	—	97,5	—	0,7	0,4	40,1	0,2	24,1	—	20,8	1,5
Westphäl. Phosphorit	6,5	1,6	91,9	—	—	—	21,8	0,9	19,7	1,0	22,0	1,6
Hannöv. „	2,0	3,5	94,5	—	—	—	37,2	0,2	29,2	0,5	3,3	1,5
Basisch phosphorsaurer Kalk . .	40,0	—	60,0	—	—	—	28,5	0,5	22,2	0,7	3,0	4,3
„ der Leimfabriken	35,0	16,0	49,0	1,5	0,1	0,2	22,0	1,0	15,0	1,2	5,3	3,5
Coprolithen d. Grünsandes	4,3	—	95,7	—	1,0	0,5	45,4	1,0	26,4	0,8	7,5	0,1
Schwefels. Ammoniak	4,0	—	—	20,0	—	—	0,5	—	—	58,0	3,0	1,4
Chilisalpeter . . .	2,6	—	—	15,5	—	35,0	0,2	—	—	0,7	1,5	1,7
Wollstaub u. Abfälle	10,0	56,0	34,0	5,2	0,3	0,1	1,4	0,3	1,3	0,5	29,0	0,2
Leimkuchen . . .	6,5	47,0	46,5	3,1	—	—	20,5	2,4	3,0	—	8,0	—

Bezeichnung des Düngemittels.	Wasser.	Organische Substanz.	Asche.	Stickstoff.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kieselsäure und Sand.	Chlor und Fluor.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Thranabfälle . . .	23,0	68,4	8,6	5,7	—	—	3,0	0,2	2,3	—	3,0	—
Rückstände der Blutlaugensalzfabrikation	—	11,0	89,0	1,0	11,5	0,5	18,1	1,2	5,6	4,0	22,0	1,0
Viehsalz	5,0	—	95,0	—	—	44,3	1,2	0,2	—	1,4	2,0	48,2
Gyps	20,0	—	80,0	—	—	—	31,0	0,1	—	44,0	4,0	—
Soda-Gyps . . .	9,0	4,0	87,0	—	—	2,2	34,5	—	0,1	41,3	4,0	—
Gaskalk	7,0	1,3	91,7	0,4	0,2	—	64,5	1,5	—	12,5	3,0	—
Scheideschlamm der Zuckerfabrikation .	34,5	24,5	41,0	1,2	0,2	0,6	20,7	0,3	1,5	0,3	9,1	0,1
Rübenschlempekohle .	17,7	9,2	73,1	—	38,0	4,0	2,1	0,4	0,3	1,3	6,7	4,5
Ausgelaugte Holzasche	20,0	5,0	75,0	—	2,5	1,3	24,5	2,5	6,0	0,3	20,0	—
Holzruß	5,0	71,8	23,2	1,3	2,4	0,5	10,0	1,5	0,4	0,3	4,0	—
Steinkohlenruß . .	5,0	70,2	24,8	2,5	0,1	—	4,0	1,5	—	1,7	16,0	—
Asche von Laubholz	5,0	5,0	90,0	—	10,0	2,5	30,0	5,0	6,5	1,6	18,0	0,3
" " Nadelholz	5,0	5,0	90,0	—	6,0	2,0	35,0	6,0	4,5	1,6	18,0	0,3
Torfasche	5,0	—	95,0	—	1,5	0,8	?	1,5	0,6	1,3	?	0,2
Braunkohlenasche .	5,0	—	95,0	—	0,5	0,4	?	3,2	0,2	8,5	?	—
Steinkohlenasche . .	5,0	5,0	90,0	—	0,1	0,1	?	3,0	0,1	5,0	?	—
III. Superphosphate.												
Peru-Guano . . .	16,0	41,9	42,1	10,5	2,0	1,2	9,5	1,0	10,5	15,0	1,5	1,1
Baker-Guano . .	15,0	6,2	78,8	0,3	0,1	0,8	25,9	0,9	21,8	28,5	0,9	0,2
Estremadura-Apatit .	15,0	—	85,0	—	0,4	0,2	28,2	0,1	22,1	28,5	5,3	0,9
Sombrero-Phosphat	15,0	—	85,0	—	—	0,5	26,4	0,4	20,2	25,5	0,6	0,4
Mejillones-Guano .	14,0	11,0	75,0	0,5	1,5	1,0	22,0	0,5	21,5	28,5	2,3	—
Nassauer Phosphorit, reich	15,0	—	85,0	—	0,5	0,2	26,5	0,1	19,4	25,5	3,2	1,8
mittel	12,0	—	88,0	—	0,3	0,1	24,2	0,1	16,6	19,5	13,5	1,3
Knochenkohle . . .	15,0	8,0	77,0	0,3	—	0,1	25,0	0,7	16,2	21,0	9,3	—
Knochenmehl . . .	13,0	23,8	63,2	2,6	0,1	0,2	22,4	0,7	16,6	19,5	2,5	0,2
Phospho-Guano (Merck)	15,5	1,3	80,3	3,3	0,3	0,4	24,0	—	20,5	27,8	3,0	0,9

IV. Staßfurter Kali- und Magnesiasalze.

Bezeichnung des Düngemittels.	Kali garantirt.	Schwefelsaures Kali.	Chlorkalium.	Schwefelsaure Magnesia.	Chlornatrium.	Preis ab Staßfurt: 100 Pf. Salz.	Preis ab Staßfurt: 1 Pf. Kali.
	%	%	%	%	%	M.	Pf.
1. Rohes, schwefels. Kali (Einf. Kalidüng.)	10-12	18-25	—	15-25	35-55	1,50	15
2. Concentrirter Kalidünger . . .	25-26	22-26	19-22	15-20	20-35	4,75	19
3. Dreifach concentr. Kalidünger . .	30-34	—	48-55	5-10	30-50	5,50	18
4. Vierfach " "	38-42	—	60-67	—	30-40	7,00	18
5. Fünffach " "	50-55	—	80-85	—	10-20	9,00	18
6. Einstreusalz	6-7	10-12	—	15-20	60-70	1,00	17
7. Präparirtes Viehsalz	4-5	8-10	—	8-10	75-80	0,00	15
8. Schwefelsaures Kali I.	49-51	90-95	—	—	1-4	17,50	36
" " II.	38-44	70-75	—	5-10	2-8	13,50	36
" " III. . . .	30-33	55-60	—	?	?	10,50	35
9. Rohe schwefelsaure Kali-Magnesia	15-17	30-35	—	25-30	25-40	2,50	17
10. Schwefelsaure Kali-Magnesia . .	28-30	52-57	—	32-39	2-6	11,25	40
11. Rohe schwefelsaure Magnesia . .	0-6	—	0-10	45-50	15-20	1,50	—
12. Leopoldshaller Kainit	13-14	25-30	—	25-30	25-40	2,00	15
13. Kalihalt. schwefels. Kalk-Magnesia	4-5	6-8	—	35-45	—	1,50	—

14. Kapitel. Die Exkremente der Vögel, thierische und andere Abfälle.

§ 101. Der Stickstoffguano oder Peruguano ist eine Anhäufung von Vogelexkrementen, Ueberresten der Eier, todten Vögeln, Fischen u. dergl. Auf den Klippen und Felsen an den regenarmen Küstengegenden der südamerikanischen Länder haben sich mehr oder weniger mächtige Lager jener werthvollen Bestandtheile angehäuft. 10 bis 15 Prozent Stickstoff und fast eben so viel Phosphorsäure sind seine, für die Landwirthschaft werthvollsten Bestandtheile. Ein bedeutender Theil des Stickstoffes ist in der Form von Ammoniak vorhanden, und ein Theil der Phosphorsäure leicht in Wasser löslich. Der übrige Stickstoff und die übrige Phosphorsäure sind ebenfalls leicht zersetzbar und gelangen bald zur Wirkung. Außer dem Stickstoff und der Phosphorsäure enthält der Guano keine besonders wichtige Stoffe. Auf der Löslichkeit im Wasser und der Zersetzbarkeit seiner Bestandtheile beruht seine rasche Wirkung. Von Jahr zu Jahr hat sich die Einfuhr des Guanos gesteigert und die zuerst aufgefundenen Lager sind als erschöpft zu betrachten. Dafür sind aber immer wieder neue Anhäufungen gefunden und erschlossen worden. Den Guano so anzuwenden, wie er in den Handel kömmt, ist nicht rathsam. Der Rohguano ist nicht mehr so gleichmäßig und reich, wie dies noch vor 10 Jahren war, und außerdem enthält er zwar alle Pflanzennährstoffe, aber nicht in solchem Verhältniß, wie es für die Pflanzenernährung zweckmäßig ist. Es fehlt ihm vor Allem an Kali, und man läuft bei seiner Verwendung Gefahr, zu viel Stickstoff oder zu wenig Phosphorsäure zuzuführen.

Im Jahre 1840 kam der erste Guano nach Deutschland, und 1870 waren die Inseln in der Nähe Perus, von denen er eingeführt wurde, erschöpft. Der Wiederersatz und die Neubildung jener Lager erfolgen sehr langsam, trotz des Schutzes, welchen die Seevögel an jenen Küsten genießen; es ist bei Todesstrafe verboten einen Schuß abzufeuern, und die jährlich sich ablagernden Exkremente sind ohne Bedeutung. 1871 wurde der Guanape-Guano gefunden, im folgenden Jahre kam der Ballestas-Guano in den Handel und in den letzten Jahren sind weitere andere Funde gemacht worden. Der Werth der einzelnen Guanosorten ist sehr schwankend und ihre Zusammensetzung sehr veränderlich. Die Entstehungsart, mehr oder weniger beigemengte Nahrungsreste, todte Vögel u. s. w., die klimatischen Verhältnisse der Ablagerungsorte, ob sie trocken oder feucht sind, und die Lage derselben zum Meere bedingen die Schwankungen. Aeußerlich erscheint der Guano als braune, dunkler oder heller gefärbte zerreibliche Masse von eigenartigem Geruch. Harnsäure und andere stickstoffhaltige Verbindungen, wie Guanin, Ammoniaksalze, Oxalsäure, Fettsäuren und Harz, ferner leicht und schwer lösliche Phosphate, schwefel- und salpetersaure Alkalien, Kieselsäure und beigemengter Gesteinskrus sind seine Bestandtheile. Die Stickstoff-Verbindungen, die noch nicht Ammoniak sind, verwandeln sich allmählig in solches, welches dann gewöhnlich als Ammoniumcarbonat auftritt. Der Ballestas-Guano hat folgende mittlere Zusammensetzung:

Wasser	22,3	Proz.
Organische Substanz	42,8	„
Asche	33,2	„
Sand	1,7	„
	100,0	Proz.

Gesammt-Phosphorsäure	13,6	Proz.
Lösliche Phosphorsäure	3,7	„
Gesammt-Stickstoff	11,8	„
Stickstoff in der Form von Ammoniaksalzen	5,6	„
Magnesia und Alkalisalze	7,8	„

Er steht somit dem altberühmten Chinchas-Guano sehr nahe und ist preiswürdig. Seine Zusammensetzung zeigt, daß er vorwiegend ein Hilfsdünger für Stickstoff und Phosphorsäure ist.

Bei der Anwendung des Guanos in roher und aufgeschlossener Form, wie überhaupt bei der Verwendung aller chemischen Dünger ist eine möglichst feine Vertheilung die Hauptbedingung. Wenn es irgendwie nothwendig ist, muß dem Ausstreuen ein Pulvern und Sieben vorausgehen. Auch ist eine Vermischung mit Erde oder Sand vor dem letzteren sehr zu empfehlen. Wie jeder künstliche Dünger ist auch der Guano unmittelbar nach der Verbreitung auf dem Felde unterzupflügen. Anderthalb Centner pro 25 Ar ist als eine gute Düngung zu betrachten.

Das Zerschlagen und Pulvern kann zweckmäßig auf der Tenne geschehen. 2 Theile Erde auf 1 Theil Dünger genügt, um ein gleichmäßiges Ausstreuen zu ermöglichen. Besonders geeignet erscheint der Guano für die gebräuchlichen Getreidearten und den Raps. Durch die schnelle Wirkung hilft man dem letzteren oftmals über die ersten Jugendgefahren.

§ **102.** Der aufgeschlossene Guano oder das Guanosuperphosphat wird durch Behandeln der rohen Guanosorten mit Schwefelsäure dargestellt. Dadurch wird der darin enthaltene neutrale phosphorsaure Kalk, der in reinem und kohlensäurehaltigem Wasser schwer löslich ist, in leicht löslichen sauersten, phosphorsauren Kalk umgewandelt und gleichzeitig das flüchtige kohlensaure in nicht flüchtiges schwefelsaures Ammoniak verwandelt. Der Hauptvortheil des Präparates ist aber in der größeren Gleichmäßigkeit und der geleisteten Garantie zu suchen. Es enthält durchschnittlich 9—10 Proz. lösliche Phosphorsäure und ebensoviel Stickstoff.

Der Werth der Düngemittel hängt nicht allein von den Bestandtheilen, welche sie enthalten, sondern auch von der Form und dem Zustand der letzteren ab. Die lösliche Phosphorsäure wird wesentlich theuerer bezahlt als die unlösliche (§ 98), und es ist nicht für den Preis gleichgültig, in welcher Form der Stickstoff in den Handel gebracht wird. Um die Wirkung zu beschleunigen und den Werth zu erhöhen, werden besonders die an sich schwer löslichen Phosphate, d. h. phosphorsaure Salze, in lösliche umgewandelt oder, wie man sagt, aufgeschlossen. Außer dem Kalkphosphat ist in dem Guano auch noch Magnesiaphosphat enthalten. Bei den vielfachen Verfälschungen, welchen die Hilfsdünger ausgesetzt sind, sollten diese nie ohne Garantie ihrer

Bestandtheile gekauft werden und den Consumenten ist dringend zu rathen, sich von den wirklich vorhandenen gewährleisteten Bestandtheilen zu überzeugen und die angekauften Dünger von der nächstliegenden Versuchsstation untersuchen zu lassen.

Behufs der auszuführenden Untersuchung, die der Käufer selbst nicht ausführen kann, ist eine besondere Sorgfalt auf die Entnahme der Probe zu verwenden. Anweisungen darüber und die näheren Controlbestimmungen sind auf den Preislisten der Fabrikanten, die der Consument einzufordern hat, gegeben. Auch versenden die Versuchsstationen die betreffenden Anleitungen. Für den rohen Guano wird keine Garantie geleistet.

Wie verschieden die in den Handel gebrachten Sorten sind, zeigen beispielsweise folgende durch die Versuchsstation Darmstadt erhaltene Resultate. Es enthielt:

Roher Peru-Guano.		Aufgeschlossener Peru-Guano.	
Phosphorsäure. pCt.	Stickstoff. pCt.	Phosphorsäure. pCt.	Stickstoff. pCt.
10,7	14,3	9,0	9,6
11,6	12,5	9,9	10,1
10,8	9,3	9,6	8,1
10,0	8,2	8,7	10,3
11,0	3,3	9,7	9,3
12,6	4,8	8,9	9,5
15,9	5,6	9,1	8,9
12,4	8,8	10,0	8,8
10,9	12,2	9,4	9,5
		9,2	9,0
		8,8	9,5

Aehnliche Ergebnisse sind auch an anderen Orten gefunden worden, und es unterliegt keinem Zweifel, daß die Anwendung des aufgeschlossenen Präparates entschieden vorzuziehen ist.

§ 103. Dem Peruguano verwandt sind die Exkremente unseres Hausgeflügels, deren Zusammensetzung sich aus der Düngertabelle § 100 ergibt. Als Düngemittel nehmen sie einen hohen Rang ein und verdienen wohl gesammelt zu werden. Ihre Menge ist verhältnißmäßig immer eine unbedeutende. Eine Taube liefert jährlich 2,1, eine Henne 5,5, ein Truthahn 11, eine Ente 8,2 und eine Gans 11 Kilogr. Der Taubenkoth ist besonders reich an Stickstoff und übertrifft die Gesammtausleerungen des Schafes, die sonst am stickstoffreichsten sind. Am besten wird der in der Wirthschaft erhaltene Geflügelmist zur Gartendüngung oder Compostbereitung benutzt.

§ 104. Weitere dem Peruguano verwandte künstliche Guanosorten sind der Norwegische Fischguano, der Sprottenguano, der Robbenguano, der Granatguano und der Fledermausguano. Eine größere Bedeutung und allgemeine Benutzung kömmt nur dem norwegischen Fischguano zu, während die anderen immer nur in geringeren Quantitäten auf den Markt kommen und mehr als Gelegenheitsdünger zu betrachten sind. Der Fischguano ist wie der Peru-

guano ein hochprocentiger Stickstoff-Phosphorsäuredünger, der aus den Abfällen der Fischerei dargestellt wird und aus dem Fleisch und den Knochen der Fische besteht. Dem Stickstoff und dem Phosphorsäuregehalt derselben verdankt er seinen Düngwerth. Er verdient die höchste Beachtung der Landwirthe.

An den Küsten Norwegens auf Lofoden und in Hammerfest sind durch E. Meinert in Leipzig Etablissements angelegt worden, welche die Abfälle der Fischerei (besonders von der Kabeljau- oder Stockfischfängerei) entfetten, dämpfen, dörren und mahlen und als trockenes, gleichartiges, sägemehlähnliches Pulver in den Handel bringen. 8 Prozent vor der Verflüchtigung geschützter Stickstoff und 12 Prozent Phosphorsäure werden darin garantirt. Der Stickstoff ist in leicht zersetzbaren organischen Verbindungen zugegen und kann bald zur Wirkung gelangen. Dieselbe wird aber auch eine nachhaltende sein, weil die Zersetzung der stickstoffhaltigen Stoffe nicht mit einemmal, sondern nur allmählig und nach und nach erfolgt. Die Phosphorsäure ist als neutrales Calciumphosphat vorhanden. Bei feuchtem Wetter und feuchtem Boden kann dieser Dünger im Frühjahr zur Anwendung kommen, sonst ist aber eine solche im Herbst vorzuziehen, weil der Fischguano kein schnell wirkender Dünger ist. Damit die atmosphärische Luft ihren zersetzenden Einfluß ausüben kann, ist er nicht allzutief unterzubringen. Um seine Wirkung zu beschleunigen, läßt man ihn wohl auch mit Jauche anfaulen. Man wendet bis zu 1000 Kilogr. pro Hectare an.

Von den norwegischen Küsten wird auch Wallfischguano in den Handel gebracht, der sich dem erwähnten, von der Kleinfischerei herrührenden, anreiht.

Der Sprottenguano wird an den englischen Küsten durch Verarbeiten der massenhaft gefangenen Sprotten, einer kleinen Häringsart, dargestellt. Auch aus Häringen hat man solchen Dünger bereitet und denselben auch durch Behandeln mit Schwefelsäure aufgeschlossen.

Der Robbenguano wird an der Bai von Ferrol, auf den Lobos-Inseln gefunden. Er besteht aus Körpertheilen der Seehunde und enthält oftmals noch schwer zersetzbare Theile derselben.

Den Granatguano gewinnt man aus den sogenannten Granaten, kleinen Krebsen, die an den Nordseeküsten massenhaft auftreten. Die Krebse werden geröstet und unter Mühlsteinen zermahlen. Bezüglich seiner Zusammensetzung siehe § 100.

Der Fledermausguano besteht aus den Exkrementen der Fledermäuse. Nach Süden zu nehmen im Allgemeinen diese Thiere überhand und in Grotten und Höhlen südlicher Länder, in denen sie sich am Tage aufhalten, finden sich ab und zu nicht unerhebliche Ansammlungen. Er enthält in 100 Theilen

Wasser	13,3—23,4	Theile.
Organische Stoffe	56,5—73,0	"
Ammoniak	5,3—14,8	"
Salpetersäure	0,0— 0,7	"
Phosphorsäure	2,3— 3,1	"
Kalkerde und Magnesia . . .	2,5— 3,8	"
Natriumphosphat u. a. Alkalisalze	1,5— 2,1	"
Schwefelsäure	0,1— 2,4	"

Chlor	0 — 0,4	Theile.
Kieselsäure und Sand	2,0— 3,5	"
Stickstoff überhaupt	7,7—12,3	"

Von gleicher Bedeutung für den Düngermarkt sind der Fray-Bentos-Guano und das Fleischdüngemehl, zu deren Bereitung die bei der Fabrikation des Liebig'schen Fleisch-Extractes verbleibenden Rückstände an Fleisch, Blut, Sehnen, Knochen 2c. dienen und von welchen jährlich bereits 40—50,000 Ctr. auf den europäischen Markt gebracht werden.

Die Firma Julius Meißner in Leipzig liefert das Fleisch-Düngemehl mit einem garantirten Gehalt von 7 Proc. Stickstoff und 8 Proc. Phosphorsäure und den Fray-Bentos-Guano mit 6 Proc. Stickstoff und 17 Proc. Phosphorsäure.

Unter dem Namen künstlicher Guano oder europäischer Guano werden ab und zu Düngergemische in den Handel gebracht, welche immer mit einem bestimmten Mißtrauen zu betrachten sind und die nur dann gekauft werden sollten, wenn der Fabrikant genau die Bestandtheile angibt und bedingungslose Garantie leistet. Hornabfälle, Blut, vertrockneter Harn, Koth, Wollabfälle, phosphorsäurehaltige Stoffe u. d. g. werden mit Erde, Sägemehl u. s. w. vermengt und oftmals unter hochtönendem Namen verkauft. Eine Untersuchung aller solcher Stoffe ist unbedingt nothwendig.

Als Blutdünger verkauft man oft getrocknetes Blut, ein dunkelrothbraunes Pulver, welches als reines Präparat wohl zu empfehlen ist. In 1000 Pfund soll er enthalten:

	Trockensubstanz. . . .	900	Pfund.
Hierin:	Stickstoff	$151^1/_2$	"
	Mineralstoffe	41	"
In diesen:	Kali	2	"
	Kalk- und Talkerde . .	$^3/_4$	"
	Schwefelsäure	2	"
	Phosphorsäure	2	"
	Kochsalz, Eisen, Kieselsäure	$34^1/_4$	"

Mitunter sind solche Blutdünger, besonders wenn sie mit Knochenmehl, Holzasche u. dgl. bereitet worden sind, sehr zu empfehlen und ihr Preis ein angemessener. Es ist aber, wie nochmals erwähnt werden mag, hinsichtlich des letzteren immer große Vorsicht nothwendig.

Als weitere Abfälle kommen Wollumpen und Wollstaub in den Handel. Im möglichst zerkleinertem und zersetztem Zustand sind es werthvolle Düngemittel, ebenso wie Haare, Federn, Klauen u. s. w., die als Ledermehl, Hornmehl, Borstenmehl verkauft werden.

In den Flugjahren der Maikäfer treten diese von Zeit zu Zeit so massenhaft auf, daß man sie getrocknet und gepulvert als Düngemittel benutzen kann. 30—40 Centner per Hectare ist eine gute Düngung. Am zweckmäßigsten dienen sie zur Compostbereitung.

§ 105. Die nicht selten vorkommende Düngung durch grüne Pflanzen wird als Gründüngung bezeichnet. Dabei sind die Pflanzen, welche düngen sollen, entweder auf dem Felde selbst ge-

wachsen, oder sie entstammen anderen Orten. Der erstere Fall wird als Gründüngung im engeren Sinne bezeichnet. Man besät behufs ihrer Ausführung den Acker und wählt dazu Pflanzen, die eine große Menge von Wurzeln und oberirdische Theile erzeugen und möglichst auf Kosten der Luft wachsen. Nachdem ihre Entwicklung genügend vorgeschritten ist, werden sie untergepflügt. Absolut wird der Boden dadurch nur an Kohlenstoff und Stickstoff bereichert.

Die Aussaat des zur Gründüngung bestimmten Saatgutes erfolgt am besten als zweite Frucht unmittelbar nach der ersten Ernte. Lupinen, Erbsen, Wicken, Rüben, Buchweizen sind beliebte, dazu dienende Pflanzen. An Mineralbestandtheilen wird der Acker dadurch nicht bereichert, wohl aber erhält er dieselben in einer leicht aufnehmbaren Form zurück. Auch holen tiefwurzelnde Gewächse solche Verbindungen aus dem Untergrund und bereichern dadurch die Ackerkrume. Durch die untergepflügten organischen Stoffe werden besonders die physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume vortheilhaft verändert. Das Unterpflügen des letzten Klee's der Stoppeln, des Rübenkrautes u. s. w. ist eine Gründüngung. Da die Beschattung günstig auf den Boden wirkt und seine Gahre befördert, so ist der Nutzen der genannten Operation nicht nur in der Bereicherung des Ackers durch die Pflanzenmasse, sondern auch in jener zu suchen.

§ 106. Oelkuchen sind weitere Pflanzenabfälle, welche als Düngemittel Anwendung finden. Bekanntlich sind es die Rückstände von ausgepreßten Oelsaaten, die besonders, und mit Recht als gute Futtermittel geschätzt werden. Da der Thierkörper von den Bestandtheilen der Oelkuchen, auf denen ihr Düngwerth besonders beruht, (Stickstoff, Phosphorsäure und Alkalien), wenn sie ihm als Futter dargeboten werden, so gut wie nichts behält, so ist es in den allermeisten Fällen zweckmäßiger, sie zu verfüttern und den Dung dadurch zu verbessern, als sie direkt und unmittelbar auf das Feld zu bringen. Verdorbene Waare ist dagegen stets als direkter Dünger sehr empfehlenswerth, wie denn überhaupt ihr Dungwerth und ihre Wirkung nicht angezweifelt werden können. Sie werden gepulvert ausgestreut oder mit Jauche vermischt als flüssiger Dünger verbraucht. Es werden 8—20 Centner pro Hectar verwendet.

Die procentische Zusammensetzung der gebräuchlichsten Oelkuchen ist folgende:

	Leinkuchen.	Rapskuchen.	Mohnkuchen.	Palmkuchen.	Cocoskuchen.
Wasser	11,5	15,0	9,8	8,5	11,6
Trockensubstanz . . .	88,5	85,0	90,2	91,5	88,4
Darin: Organ. Stoffe .	82,7	79,6	88,5	88,6	82,1
mit Stickstoff . . .	4,5	4,5	5,2	2,6	3,7
Mineralstoffe	5,8	6,4	8,7	2,9	6,3
mit Alkalien . . .	1,5	1,67	0,51	0,57	2,68
Phosphorsäure . . .	1,8	2,56	3,58	1,22	1,69

Durchschnittlich enthalten die Oelkuchen noch 6—10 Prozent Oel; häufiger 6—8, seltener über 10 Prozent. Der Düngwerth wird durch das-

selbe nicht erhöht, eher wird ihre Wirkung dadurch verlangsamt und unsicherer. Ein ähnlicher Abfall sind die Malzkeime. Auch sie werden vortheilhafter zunächst als Futter benutzt.

§ 107. Torf. Schlamm. Erde. Durch den Torf wird die Menge der organischen Substanzen in dem Boden wesentlich erhöht, und eine Torfdüngung vermag besonders die physikalischen Eigenschaften schwerer Thon- oder trockener sandiger Bodenarten zu heben und zu verbessern. Auch wegen seiner Mineralstoffe kann der Torf düngend wirken. Natürlich wird er nur da angewendet werden können, wo Torfmoore sind. Den im Herbst ausgestochenen Torf läßt man den Winter über mit Kalk und Holzasche gemengt liegen und bringt ihn dann auf den Acker. Erde, Schlamm, Thon, Koth u. dgl. können ebenfalls als Dungmittel benutzt werden, wenn sie reichhaltig an brauchbaren Pflanzennahrungsmitteln sind. Der Werth des Schlammes ist je nach seiner Entstehungsart sehr schwankend und nicht selten wird besonders ein schwarzer Schlamm sehr überschätzt.

Im Allgemeinen enthalten die Schlammabsätze unserer Flüsse und Teiche 1—6, ja sogar bis 30 und noch mehr Theile organischer Massen in 100 Theilen trockener Substanz, mit 0,2—0,6 % Stickstoff. In den Mineralstoffen ist ungefähr enthalten 0,1—1,0 % Kali, 2—12 % Kalk- und Talkerde, 0,1—0,3 % Phosphorsäure, ähnliche Mengen von Schwefelsäure und 70—90 % Sand und Thon. Begreiflicher Weise wird der Schlamm aus Teichen, denen Wasser aus fruchtbaren Fluren und Dörfern u. dgl. zufließt, reicher sein als solcher, dem derartige Quellen fehlen. Im frischen Zustand darf der Schlamm niemals verwandt werden. Wie im Torf können auch in ihm leicht so viel Eisenoxydul und andere Verbindungen auftreten, daß er nachtheilig wirken könnte. Unter dem Einfluß des Frostes wird er gemürbt und durch das Liegenlassen während des Winters, wohl auch durch ein Behandeln mit Kalk, wird seine physikalische Beschaffenheit so weit verbessert, daß er aufgefahren werden kann, während gleichzeitig auch die möglichen schädlichen chemischen Einflüsse beseitigt werden. Bei jeder Schlammdüngung wird man genau zu rechnen haben, ob die Kosten der Ausfuhr u. s. w. mit dem Werth in dem gehörigen Verhältniß stehen. Oftmals ist es zweckmäßig, alle derartige Abfälle zu Compostbereitung zu benutzen.

§ 108. Der Compost oder Mengedünger wird aus allen wirthschaftlichen Abfällen, welche Dungwerth besitzen, bereitet. Vorzüglich müssen solche dazu benutzt werden, die doch einmal durch die Hand des Menschen gehen, während man mit dem Anfahren von Schlamm oder Erde behufs der Compostbereitung vorsichtig sein muß. Der Mengedünger kann dadurch leicht zu theuer werden. Zur Compostbereitung dienen thierische Abfälle aller Art, die verschiedenartigsten pflanzlichen Rückstände, die menschlichen Exkremente, das Kehricht und der Schlamm des Hofes, Asche, Bauschutt, Jauche u. s. w. Da der Compost je nach seiner Art längere oder kürzere Zeit, mitunter zwei Jahre, liegen muß, ehe er sich soweit zersetzt hat, daß er eine gleichartige Masse bildet, in der die Düngestoffe in einer den Pflanzen leicht zugänglichen Form vorhanden sind, so müssen mehrere Compost-

haufen angelegt werden, die je nach ihrem Alter und ihrer vorgeschrittenen Zersetzung zur Verwendung kommen.

Bei der Compostbereitung müssen die Materialien zunächst möglichst zerkleinert und miteinander gemengt werden. Als Composterde dient am besten der Auswurf aus Gräben, Schlamm aller Art, Moorerde, Kalkschutt, Sägespäne, Asche u. dgl. Eingeweide, Blut, Maikäfer, Borsten, Aas und andere Abfälle werden damit vermengt. Der Körper der gefallenen Thiere wird zuvor, nach der Abziehung der Haut, vom Fett befreit, welches keinen Dungwerth hat, und behufs der Trennung des Fleisches von den Knochen mit Wasser gekocht, dem man etwas Schwefelsäure zugesetzt hat. Mit der Fleischbrühe begießt man den Composthaufen. Die Knochen wird man häufig vortheilhafter verkaufen, jedenfalls dürfen sie nur gepulvert zugesetzt werden. Im zerkleinerten Zustand werden sie mit Wasser und Schwefelsäure, 1 Theil Säure auf 10 Theile Wasser, gekocht. In kleinerem Betrieb sind aber diese Manipulationen immer schwierig ausführbar. Die Haufen dürfen eine Höhe von 1—2 Meter haben und müssen von Zeit zu Zeit begossen werden, am besten mit Jauche. Nach je einigen Monaten müssen sie umgestochen werden. Es ist darauf zu sehen, daß dabei das Ganze sorgfältig umgearbeitet wird. Der Compost ist fertig und kann verwendet werden, wenn von den benutzten Materialien nichts mehr zu erkennen ist. Er gilt besonders als zweckmäßiger Wiesendünger. Bei genauer Berechnung der Arbeitslöhne wird man aber oftmals finden, daß einige Centner Kalisalze und Superphosphate, mit denen man ganze Wagenladungen desselben ersetzen kann, billiger sind. Recht zweckmäßig bepflanzt man die Composthaufen im Sommer mit Kürbis oder Mais, im Winter bedeckt man sie mit Stroh oder Reisig. Die Zusammensetzung des Compostes ist natürlich sehr verschieden, in einem solchen aus Straßenkehrigt, Asche und menschlichen Entleerungen waren enthalten in 1000 Pfund $2^1/_2$ Pfund Stickstoff, $18^1/_2$ Pfund Kali und 22 Pfund Phosphorsäure.

15. Kapitel. **Specielle Düngerarten.**

a. Stickstoffreiche Düngemittel.

§ 109. Der Chilisalpeter, Natriumnitrat, salpetersaures Natron ist zur Zeit der wichtigste stickstoffhaltige Beidünger. Er besteht aus Salpetersäure und Natrium und wittert in manchen Gegenden Südamerikas aus der Erde. Durch Auslaugen wird das Rohmaterial gleich an Ort und Stelle gereinigt und ziemlich frei von fremden Beimengungen massenhaft nach Europa gebracht. Das eingeführte Salz enthält oftmals bis zu 99 % Natriumnitrat. In diesem sind 63,53 % Salpetersäure mit 16,47 % Stickstoff. Das rohe salpetersaure Natron enthält 15—16 % des letzteren. In Wasser ist der Chilisalpeter leicht löslich und er bietet somit die Salpetersäure, die als hochwichtige Stickstoffquelle bekannt ist, den Pflanzen in leicht aufnehmbarer Form dar. Aber nicht nur wegen seiner direkten Verwendbarkeit durch die Pflanzen wird er sehr geschätzt, sondern auch weil die Salpetersäure außerordentlich befördernd auf die Verwitterung wirkt und somit die Menge der im Boden vorhandenen löslichen Mineralbestandtheile erhöht. Wegen der leichten Löslichkeit

des Salzes in Wasser, und weil der Stickstoff in einer Form anwesend ist, welche von der Pflanze direkt aufgenommen werden kann, ist seine Wirkung eine sehr rasche. Dagegen ist es mißlich, den Chilisalpeter allein anzuwenden, höchstens dürfte dies bei Getreide oder als Kopfdüngung bei schwachen Saaten zulässig erscheinen, da seine Wirkung wegen des einseitigen Stickstoffgehaltes eine unsichere ist. Dagegen empfiehlt sich besonders bei dem gegenwärtigen billigen Preis eine Anwendung von Knochenmehl oder eines anderen phosphorsäurehaltigen Dunges und Chilisalpeter als Ersatzmittel des Guanos. Sehr erschwerend gegen seine allgemeine Verbreitung und Benutzung ist, daß seine Lösung von der Ackerkrume nicht festgehalten, absorbirt wird, und daß er in Wasser gelöst in den Untergrund gelangt. Als Kopfdüngung wendet man besonders bei Winterhalmfrüchten $^1/_2$—1 Centner pro $^1/_4$ Hectar an und zwar zur Zeit, wo sich die Pflanzen zu bestocken beginnen.

Auf mehr oder weniger jungfräulichem Boden und solchem, in dem noch eine reiche Menge von Mineralbestandtheilen vorhanden ist, erzielt man durch den Chilisalpeter oftmals erstaunliche Resultate. Am zweckmäßigsten ist im Allgemeinen, wenn derselbe als Kopfdünger benutzt wird, doch wird er auch im Frühjahr breitwürfig ausgestreuet und in manchen Gegenden sogar als Herbstdünger gebraucht, eine Verwendungsweise, die im Großen und Ganzen nicht zu empfehlen ist. — In den letzten Zeiten sind wieder große neue Lager des werthvollen Materials in Chili bei Cachinal de la Sierra entdeckt worden. Das erste derselben liegt 16 englische Meilen von dem Hafenorte Paposo entfernt, während die beiden anderen Lager in einer Entfernung von etwa 55 engl. Meilen von jenem Orte gefunden wurden. Sämmtliche Lager sind von Unternehmungslustigen an den verschiedensten Stellen aufgeschlossen. — Unter einer Bedeckung von Sand findet man an vielen Orten zunächst ein Lager von schwefelsaurem Natron von ziemlicher Reinheit, an anderen ein Lager verschiedener schwefelsaurer Salze mit Geröllen, die Natronsalpeter enthalten; und unter dieser Decke findet sich sodann die eigentliche Schicht des Salzes in einer Mächtigkeit von 40—60 Zoll. Die Gesammtausdehnung der drei Lager ist bis jetzt auf 5000 Acres constatirt, und hofft man, daß Chili in Folge dieser Entdeckung um eine neue Industrie bereichert werden wird.

Natürlich kann auch Kalisalpeter als Dünger benutzt werden. Neben der Salpetersäure bietet er in dem Kali den Pflanzen ein wichtiges Nahrungsmittel dar. Auf das Natron des Chilisalpeters ist kein weiterer Werth zu legen. Gewöhnlich ist der Kalisalpeter aber zu theuer.

§ 110. Die Ammoniaksalze reihen sich an den Chilisalpeter an. Das Ammoniak, an sich eine gasförmige Verbindung, aus Wasserstoff und Stickstoff bestehend, kömmt an verschiedene Säuren gebunden in dem Handel vor. Außerordentlich flüchtig und Ursache des stechenden Geruches des Düngers, alten Käses u. dgl. wird es durch die Verbindung mit Säuren, mit Schwefelsäure oder auch mit Salzsäure, in die beständigeren Ammoniaksalze übergeführt. Auch diese sind in Wasser sehr leicht löslich und verhalten sich überhaupt wie das salpetersaure Natron, nur mit dem Unterschied, daß die gelösten Ammoniaksalze von der Ackerkrume festgehalten werden, was

bei den salpetersauren Salzen nicht der Fall ist. Im Boden vermögen sich die Ammoniakverbindungen leicht in salpetersaure zu verwandeln. Auf die Löslichkeit der unzersetzten Bodenbestandtheile wirken die Ammoniaksalze ebenfalls sehr beschleunigend ein, und vor allen Dingen tragen sie viel zur Zersetzung der phosphorsauren Verbindungen bei. Von den Pflanzen werden die Ammoniaksalze als solche aufgenommen und zur Bildung der stickstoffhaltigen Bestandtheile derselben verwendet. — Zur Zeit liefern die Gasfabriken die meisten in dem Handel vorkommenden Ammoniaksalze und zwar so billig, sie werden als Nebenprodukt gewonnen, daß sie zu landwirthschaftlichen Zwecken benutzt werden können.

Das schwefelsaure Ammoniak ist für die Düngung am wichtigsten. Es besteht aus 60,6 Th. Schwefelsäure, und 39,4 Th. Ammoniumoxyd mit 21,2 % Stickstoff; das im Handel vorkommende Salz enthält 19—21 Prozent. Bei der Fäulniß, Zersetzung und der trockenen Destillation stickstoffhaltiger organischer Substanzen entsteht kohlensaures Ammoniak, welches durch Behandeln mit Schwefelsäure leicht in schwefelsaures umgewandelt werden kann. Das bei der Leuchtgasbereitung auftretende kohlensaure Ammoniak löst sich in dem Gaswaschwasser auf und wird, nach dem Ansäuren mit Schwefelsäure, daraus als schwefelsaures Ammoniak gewonnen. Die düngende Wirkung des direkt abgefahrenen Gaswassers beruht vornehmlich auf seinem Ammoniakgehalt.

Gewöhnlich wird das genannte Salz nicht allein, sondern mit Superphosphat vermengt, als Ammoniak-Superphosphat, angewandt. Von diesem werden verschiedene Sorten mit 5,8 und 10 % Stickstoff in den Handel gebracht. Von einem Ammoniak-Superphosphat, welches 10 % Stickstoff und 10 Prozent Phosphorsäure enthält, rechnet man 2 Centner pro Hectar. Es ist nicht als Kopfdünger anzuwenden, sondern richtig in die Erde, möglichst dahin, wo sich die Wurzeln der Pflanzen vorwiegend entwickeln, zu bringen. In dem schwefelsauren Ammoniak ist ab und zu Rhodankalium gefunden worden, welches auf die Pflanzen als Gift wirkt.

Die sogenannten Nitritkalke, die in neuerer Zeit in den Handel kommen, werden aus den Salpetersäure und salpetrige Säure enthaltenden Abfällen der Dynamitfabriken dargestellt. Sie enthalten ungefähr 8 Proz. Stickstoff.

b. Phosphorsäurereiche Düngemittel.

§ 111. Zu den phosphorsäurereichen Düngermitteln, die wegen ihrer hohen Bedeutung (§ 96) eine besondere Wichtigkeit besitzen, gehören die Knochen, die stickstoffarmen Guanosorten, wie Baker- und Mejillonesguano, Sombrero und andere Phosphate, die Coprolithen und Osteolithen, die Phosphorite und Apatite. Zum Theil sind diese Stoffe organischen Ursprungs, zum Theil wie die Phosphorite und Apatite mineralischer, oder doch mindestens zweifelhafter Natur. Die sogenannten Phosphoguanosorten d. h. solche Phosphate, welche thierischen Ursprungs sind, enthalten häufig einige Prozente Stickstoff und organische Substanzen.

Die Salze der Phosphorsäure werden kurzweg Phosphate genannt. Weil die gewöhnlich auftretende wasserhaltige Phosphorsäure drei Verbindungsgewichte Wasserstoff enthält, der durch Metalle ersetzt werden kann, so be-

zeichnet man sie als eine dreibasische Säure. Als solche kann sie drei Reihen von Salzen bilden: neutrale, sauere und sauerste. Die Phosphate und Phosphorite, wie sie in der Natur vorkommen, sind neutrale Salze, und die oben erwähnten enthalten als Hauptbestandtheil neutrales Calciumphosphat oder neutralen phosphorsauren Kalk. Dieser ist in Wasser und den im Boden auftretenden Lösungen sehr schwer löslich und wird gewöhnlich vor seiner Verwendung in der Landwirthschaft in sauersten phosphorsauren Kalk, Superphosphat umgewandelt. Es geschieht dies durch Behandeln, Aufschließen, mit Schwefelsäure.

§ 112. Die Knochen und die aus ihnen bereiteten Hilfsdünger sind als Phosphorsäurequelle am längsten bekannt. Sie bestehen aus Calciumphosphat, Calciumcarbonat, Wasser, Leim, Fett und geringeren Mengen anderer Mineralstoffe (§ 100). Ihr Werth als Dungmittel beruht auf ihrem Gehalt an Phosphorsäure und Stickstoff. Um sie benutzen zu können, wurden sie früher in ein mehr oder weniger grobes Pulver verwandelt, während sie jetzt nur als feines Mehl, und dieses in verschiedener Form, als gewöhnliches, fermentirtes, gedämpftes und aufgeschlossenes Knochenmehl, Benutzung finden oder doch wenigstens finden sollten. In Deutschland benutzt man die Knochen seit vielleicht 50 Jahren, in manchen anderen Ländern seit undenklichen Zeiten.

Die Knochen der einzelnen Thiere und die einzelnen Theile der Knochen zeigen nicht selten erhebliche Verschiedenheiten. Im Allgemeinen bestehen sie aus $^2/_3$ Mineralsubstanz und $^1/_3$ knorpelartiger Stoffe. Die Zersetzung der letzteren erfolgt immer schwierig und nur unter solchen Bedingungen, die den Fäulnißprozessen überhaupt günstig sind. Eben so große Schwierigkeiten setzt das Calciumphosphat der Umbildung und der Zerstörung entgegen. Ganze Knochen und Knochentheile benutzen zu wollen wäre zwecklos.

Das gewöhnliche Knochenmehl wird zur Zeit in wünschenswerther Feinheit, die ein Gradmesser für seine Güte ist, von verschiedenen Fabriken geliefert. Die Knochen werden zerschlagen und zerstampft und darnach zwischen Mühlsteinen zermahlen. Da die organischen Stoffe und besonders der Knorpel der mechanischen Zertheilung großen Widerstand entgegensetzen, so werden die Knochen behufs der Herstellung eines feineren Mehles zum Theil davon befreit und dann erst gemahlen. Sie werden in Kesseln mit gespannten Dämpfen behandelt. Dabei steigt der Siedepunkt wesentlich über denjenigen bei gewöhnlichem Luftdruck, und in den höheren Temperaturen tritt ein Theil des Knochenfettes und des Knochenknorpels heraus, der nach dem Erkalten abgenommen und zur Leimfabrikation, als Schmiermittel u. dgl., verwandt wird. Nach dem Trocknen sind die Knochen viel spröder und lassen sich leichter in staubfeines Mehl verwandeln, welches als gedämpftes Knochenmehl in den Handel kömmt.

Durch das Dämpfen werden den Knochen natürlicher Weise bestimmte Stoffe entzogen und das gedämpfte Knochenmehl ist ärmer an organischen Verbindungen. Während im rohen Knochenmehl durchschnittlich 19—21 Proz. Phosphorsäure und 4—4,8 Proz. Stickstoff enthalten ist, findet sich in dem gedämpften 21—26 Proz. Phosphorsäure und 2,5—4 Proz. Stickstoff. In

dem sogenannten fermentirten Knochenmehl soll ein Theil des Stickstoffes durch Gährung in Ammoniak verwandelt worden sein. Knochenmehl wird in Haufen gebracht und mit Jauche, Blut oder auch nur mit Wasser befeuchtet. Die Haufen bedeckt man mit Erde und läßt sie anfaulen. Der Erfolg ist gewöhnlich kein sehr bedeutender. 3—4 Wochen genügen zumeist, um die Fermentation zu beenden. Wirksamer ist das Aufschließen des Knochenmehles, oder seine Umwandlung in Superphosphat. Es wird dabei mit Schwefelsäure behandelt, welche sich mit einem Theil seines Kalkes vereinigt und Gyps bildet. Hand in Hand damit geht die Bildung von sauerstem Calciumphosphat. Wie bei dem Aufschließen oder der Superphosphatfabrikation überhaupt, wird dabei die unlösliche Phosphorsäure in lösliche verwandelt. Die anzuwendende Säuremenge richtet sich nach der Zusammensetzung des Rohmaterials. Auf 1 Centner Knochenmehl braucht man 15—25 Pfund Schwefelsäure. Im Kleinen kann der Landwirth das Aufschließen selbst besorgen. Auf der Tenne werden Haufen angelegt. Vortheilhaft aber wird dieses im Allgemeinen nicht sein, da er kaum so billig arbeiten kann als die Fabriken.

Dem Knochenmehl ähnlich ist die Knochenkohle, die in den Zuckerfabriken benutzt worden ist. Sie hat eine schwankende Zusammensetzung und ist stets nur unter Gehaltsgarantie, wie überhaupt alle Beidünger, zu kaufen.

Knochenasche, also gebrannte Knochen, kömmt besonders aus Südamerika aus den Liebig'schen Fleischextraktfabriken in den Handel. Sie dient zumeist zur Bereitung von Superphosphaten.

Unter dem Namen Fray-Bentos-Guano kömmt ein Gemenge von Fleischmehl und Knochenmehl in den Handel.

Hinsichtlich der Anwendung des Knochenmehls ist zu bemerken, daß das feinere dem groben vorzuziehen ist, und es immer erst nach seiner Lösung und Zersetzung zur Wirkung kommen kann. Wärme und Feuchtigkeit sind dazu nöthig, und eine Verwendung im Herbst ist somit angezeigt. Seine Wirkung auf die Herbstfrucht ist im Allgemeinen eine sichere, während eine Verwendung im Frühjahr, wo es leicht an Wärme und Feuchtigkeit fehlt und die Zeit knapp ist, leicht ohne direkten Erfolg bleiben kann. Ein Boden von mittlerer Bündigkeit, der nicht zu trocken und nicht zu feucht sein darf, ist für eine Knochenmehldüngung besonders geeignet, und Pflanzen, welche viel Phosphorsäure beanspruchen, wie Halm-, Oel- und Blattfrüchte sind gewöhnlich dafür sehr dankbar. Je leichter löslich die Knochendünger sind, um so weniger, je schwerer löslich sie sind, um so mehr muß man anwenden. Knochenmehl rechnet man 10—20 Centner, Superphosphat 8—12 Centner per Hectar. Sehr gern wird auch der Stalldung durch Knochenmehl verbessert. Mit diesem vermengt kann es auch im Frühjahr angewandt werden, ohne daß seine unmittelbare Wirkung sehr zweifelhaft wäre, wie denn überhaupt eine solche Operation sehr der Empfehlung verdient.

Die Nachwirkung ist bei dem gewöhnlichen Knochenmehl größer als bei den übrigen Knochendüngern. Man nimmt an, daß im ersten und zweiten Jahr je 25—30 % davon zur Wirkung gelangen. Im dritten Jahr 20—25, im vierten Jahr 10—15 %. Verfälschungen des Knochenmehls kommen nicht selten vor. Abfälle der Steinnüsse, Früchte südamerikanischer Bäume, die

zur Darstellung von Knöpfen und ähnlichen Gegenständen dienen, spielen dabei eine bestimmte Rolle. Gemahlene Austerschalen, Stein- und Braunkohlenasche, Gyps, roher Phosphorit, Sand u. dgl. werden weiter dazu benutzt.

§ 113. Die Phospho- oder Phosphatguanosorten sind Mineralphosphate, welche durch Auslaugen von Stickstoffguano entstanden sind. Die löslichen organischen und unorganischen Stoffe sind weggeschwemmt worden und die schwer- und unlöslichen Verbindungen als feste steinartige Massen zurückgeblieben. Nach ihren Fundorten bezeichnet man sie als Baker-, Jarvis-, Malden-, Howland, Starbuck-, Phönix-, Mejillones-, Raza-, Sombrero- und Navassaguano.

Im Mejillones- und Sombreroguano kommen organische Stoffe im Allgemeinen nicht vor. Die wichtigsten Inseln, von denen die genannten Phosphate stammen, wie die Baker-, Malden-, Jarvis-, Phönix- u. s. w. Inseln liegen im stillen Ocean, ohnweit des Aequators. Nicht selten sind sie ganz wasserarm, ein Umstand, der die Gewinnung des Gesteins sehr erschwert. Die Baker- und Mejillonesphosphate an der Küste von Bolivia und die westindischen Sombrero- und Navassaphosphate werden besonders viel verarbeitet. Die Tabelle § 100 gibt über ihre Zusammensetzung Aufschluß.

Die Koprolithen sind nuß- bis eigroße, oftmals sehr verschiedenartig geformte braune Gesteinsmassen, welche als Exkremente fossiler Thiere betrachtet werden. Die meisten der mitunter sehr merkwürdig gestalteten Massen sind aber wohl als Phosphoritknollen zu betrachten, die durch Zersetzung und Auslaugung anderer Gesteine entstanden und im Flußgerölle und Geschiebe umgebildet worden sind. Von England aus werden viele solcher sogenannter Koprolithen in den Handel gebracht, aber auch in Deutschland sind dieselben an vielen Orten, z. B. in Helmstedt gefunden worden. Sie enthalten größere oder kleinere Mengen von Calciumphosphat, mit Sand, anderen Kalkverbindungen, Eisen u. dgl.

Der Apatit enthält neben dem phosphorsauren Kalk Fluorcalcium und Chlorcalcium. Die Phosphorite können als unreinere Apatite betrachtet werden. Treten sie weniger steinartig fest und mehr pulverförmig auf, so nennt man sie auch Osteolithe. Mächtige Lager solcher Mineralphosphate finden sich in sehr vielen Ländern. Besonders bekannt und benutzt sind die in Schweden, in Spanien und in den Lahn- und Dillgegenden vorkommenden.

In Spanien, in der Provinz Estremadura, treten sehr reiche Lager solcher Phosphorite auf, die wegen ihrer Reinheit besonders geschätzt sind und zu dem sogenannten Estremadura-Superphosphat vielfach verbraucht werden. Für Deutschland sind die Lahnphosphorite besonders wichtig. Stockförmig in das Muttergestein eingetrieben, nesterförmig oder auch horizontal anstreichend, treten sie dort in sehr beträchtlicher Mächtigkeit und Reichhaltigkeit auf. Sie werden als Auslaugungsprodukte des Nebengesteins betrachtet und haben für die dortigen Gegenden einen neuen Industriezweig begründet.

Alle diese verschiedenen Vorkommnisse, in denen so ausgiebige Massen von Phosphorsäure niedergelegt sind, daß die mit dem Betrieb des landwirthschaftlichen Gewerbes zusammenhängenden Verluste davon ausgeglichen werden können, gelten vornehmlich als Materialien für die Superphosphatfabrikation.

Durch Mahlen zwischen harten Mühlsteinen werden sie zunächst in Pulver verwandelt und dieses wird dann durch Schwefelsäure, die einfach darunter gerührt wird, aufgeschlossen, d. h. in sauerstes Calciumphosphat verwandelt. Auch als rohes Phosphoritmehl werden sie angewandt und ausgestreut. Den Pflanzenwurzeln kömmt die Fähigkeit zu, den Phosphorit zu zersetzen. Füllt man Blumentöpfe mit Phosphoritmehl und bepflanzt sie mit Gewächsen, so entwickeln sich diese, bei genügender Wärme und Feuchtigkeit, ganz üppig und man kann unsere Culturgewächse darin ziehen. Auch sind direkte Aetzungen von Phosphoritplatten durch Pflanzenwurzeln beobachtet worden. Endlich ist auch der Phosphorit in den im Boden befindlichen Lösungen nicht ganz unlöslich. Immerhin aber wird eine Düngung mit solchem rohen Mineralpulver direkt nur einen geringen Erfolg haben können, da sich die Phosphorsäure desselben nicht im Boden verbreiten kann und der Erfolg davon abhängt, ob Pflanzenwurzeln mit den einzelnen Phosphoritkörnern in Berührung kommen. Bringt man dagegen Superphosphat mit löslicher Phosphorsäure in die Erde, so wird sie sich zonenförmig in der Ackerkrume verbreiten, und jedes Würzelchen, welches eine solche Verbreitungszone berührt, wird davon profitiren können. Natürlich wird aber auch die lösliche Phosphorsäure in Berührung mit den Bestandtheilen des Bodens, mit dem Eisen, dem Kalk u. s. w. bald wieder schwer oder unlöslich. Ehe sie es aber wird, hat sie sich immer mehr oder weniger verbreitet. Eine Bereicherung an Phosphorsäure erfährt das Feld durch eine Phosphoritmehldüngung stets. In der landwirthschaftlichen Praxis, wo man aber rasche Wirkungen haben muß, empfiehlt sich die Anwendung von Superphosphaten, gegenüber dem unaufgeschlossenen Phosphoritmehl, ganz entschieden.

Ein großer Uebelstand ist bei vielen aus solchen genannten Phosphaten hergestellten aufgeschlossenen Düngern, daß ein Theil der löslichen Phosphorsäure leicht wieder in den unlöslichen Zustand übergeht, oder, wie man sagt, zurückgeht. Es entstehen schwer lösliche Eisen- und andere Verbindungen. Bei dem Einkauf ist darauf zu achten, daß man die zurückgegangene Phosphorsäure nicht als lösliche bezahlt. Bei den schwarzen Superphosphaten aus Knochenkohle u. dgl. werden gewöhnlich 12—16 Proz. lösliche Phosphorsäure, bei den hellen aus Bakerguano u. dgl. bis zu 18 und 19 Proz. garantirt. 4—8 Centner pro Hectar gelten als eine gute Düngung. Natürlich ist diese nur eine einseitige, und ihr Erfolg wird von der gleichzeitigen Anwesenheit aller anderen Vegetationsfaktoren abhängen. Da die Phosphorsäure von dem Boden absorbirt und festgehalten wird, so ist ein Verlust durch Auswaschen nicht zu befürchten, und die Superphosphate können dreist untergepflügt werden. Gesicherter wird ihre Wirkung immer durch die gleichzeitige Anwendung eines stickstoffhaltigen Düngers, durch ein Vermengen mit schwefelsaurem Ammoniak (Ammoniaksuperphosphat) oder ein späteres Aufstreuen von Chilisalpeter.

c. Kalireiche Düngemittel.

§ 114. Die Staßfurter Abraumsalze, d. h. die buntgefärbten, bitteren Vorkommnisse, welche über dem dortigen colossalen Steinsalzlager liegen und abgeräumt werden mußten, um zu ihm zu gelangen, liefern den größten Theil der im Handel vorkommenden kalihaltigen

Dünger. Von Staßfurt aus werden besonders in den Handel gebracht: rohes schwefelsaures Kali mit 9—12 %, rohe schwefelsaure Kali-Magnesia mit 15—18 %, raffinirte schwefelsaure Kali-Magnesia mit 29—30 %, concentrirter Kalidünger mit 25 %, dreifach concentrirter Kalidünger mit 30—33 %, fünffach concentrirter Kalidünger mit 50—53 %, raffinirtes schwefelsaures Kali mit 38 %, kalihaltige Kalkmagnesia mit 4—5 % und Einstreusalz mit 6—7 % Kali. In neuerer Zeit wendet man auch den rohen Kainit, besonders den Leopoldshaller (das Nachbarwerk Staßfurts, auf Anhalt'schem Terrain) an. Bei der Fabrikation dieser Salze, die das Kali theils an Chlor, theils an Schwefelsäure gebunden enthalten, entfernt man die den Pflanzen nachtheiligen und der Verwendung hinderlichen Bestandtheile der rohen Mineralien und sucht gleichzeitig ihren Kaligehalt zu erhöhen.

Die für die Kaliindustrie wichtigsten Staßfurter Vorkommnisse sind der Carnallit (Chlorkalium, Chlormagnesium und Wasser) und der Kainit. Letzterer besteht aus 27,2 % Chlorkalium, 43,8 % schwefelsaurer Magnesia, 7,2 % Kochsalz, 0,4 % Gyps und 21,1 % Wasser. Es treten aber Verschiedenheiten in den Quantitätsverhältnissen auf, wie denn auch das Aeußere der Salze verschieden ist. Nach vorhergegangenem Ausschlagen, Sortiren und Mischen werden sie, hauptsächlich durch Krystallisationsvorgänge und fabrikmäßige Behandlung, zumeist auf Chlorkalium verarbeitet.

Das rohe schwefelsaure Kali wird aus den dabei auftretenden Rückständen dargestellt. Der Kalidünger oder die rohe Kalimagnesia wird durch Erhitzen des Kainits erhalten. Wasser und Chlor entweichen dabei. Die concentrirten Kalisalze werden durch Vermischen von Chlorkalium mit rohem, schwefelsaurem Kali erhalten. Theilweise auch durch Erhitzen der niedrig-prozentischen Chlorkaliumsorten. Bei dem Ankauf ist besonders auch auf die Fracht zu sehen. Die Nothwendigkeit einer Zufuhr von speciellen kalihaltigen Düngern hängt von der Art der Wirthschaft ab, und eigene Beobachtungen und Culturversuche gestatten am ehesten die Beantwortung der Frage, in wie weit sie rentabel sei. Im Allgemeinen will man günstige Erfolge von einer Kalidüngung bei Klee, Futtergewächsen, Hülsenfrüchten und auf Wiesen bemerkt haben. Für Kartoffeln und Getreide ist sie weniger beliebt. Für sich allein sollten die Salze füglich nicht angewendet werden, sondern immer nur in Verbindung mit stickstoffhaltigen und phosphorsäurereichen Massen, mit dem Stalldünger, dem Compost u. s. w. Als Maximum einer Düngung betrachtet man 6 Centner eines mittelreichen Kalipräparates pro Hectare. Die Salze werden breitwürfig ausgestreut und untergepflügt; dies möglichst frühzeitig zu thun ist anzurathen. Auf Wiesen nehme man nicht zu viel. Ueber die Zusammensetzung der einzelnen Präparate siehe die Tabelle § 100.

§ 115. Die Asche und zwar die Holzasche ist auch unter die kalihaltigen Düngemittel zu rechnen. An sie schließt sich diejenige mancher Torfsorten an, während die Stein- und Braunkohlenaschen kein Kali oder doch nur sehr wenig enthalten und als Düngemittel keinen Werth besitzen. Gern verwendet man die Asche zur Düngung von Wiesen und Klee, und ein schwerer feuchter Thonboden wird oftmals wesentlich dadurch verbessert.

Melasse und Melassenschlempe sind sehr kalireiche Düngemittel, die als Gelegenheitsdünger der Beachtung werth sind. Von kalihaltigen Gesteinen ist besonders der Feldspath und der Kaliglimmer zu erwähnen. Wo solche Gesteine oder sie enthaltende Gebirgsarten zum Wegebau benutzt werden, ist der auf denselben sich bildende Schlamm wohl zu verwerthen. Ein Pulvern der Gesteine, behufs ihrer Verwendung als Dünger, ist zu theuer. Die Tabelle § 100 ergibt die mittlere Zusammensetzung der Aschen.

d. Kalkreiche Düngemittel.

§ 116. Die Wirkung der kalkhaltigen Dünger ist nicht nur eine direkte, sondern auch, und zwar vorwiegend, eine indirekte. Der Gyps, schwefelsaurer Kalk, der Mergel, kohlensaurer Kalk und der gebrannte Kalk, Calciumoxyd sind die wichtigsten. Der Gyps wird als feingemahlenes Pulver, als Kopfdünger angewandt und gilt als besonders geeignet für Klee, Luzern und Esparsett; aber auch Hülsenfrüchten soll er sehr zuträglich sein. Ein trockner, loser Boden, der nicht zu arm und nicht zu reich daran ist, ist am meisten dankbar dafür, und feuchtwarmes Wetter nothwendig, soll seine Wirkung deutlich bemerkbar werden. Zehn Centner per Hectar ist eine starke Düngung. Die Natur bietet den Gyps im reinen Zustand.

Die Wirkung des Gypses wird theilweise auf seinen Gehalt an Schwefelsäure und Kalk, theilweise darauf zurückgeführt, daß er kohlensaures Ammoniak zu binden und in schwefelsaures umzuwandeln vermag. Auch hebt man hervor, daß durch seine Schwefelsäure andere Mineralbestandtheile des Bodens löslich gemacht werden können. Als schwefelsäurereiche Dünger, unter welche der Gyps auch gerechnet werden kann, werden gewöhnlich noch angeführt: das Glaubersalz, schwefelsaures Natron und das Bittersalz, schwefelsaure Magnesia. Eine allgemeinere Benutzung finden die letzteren nicht.

Der Mergel besteht der Hauptsache nach aus kohlensaurem Kalk, neben dem er noch Sand, Thon und andere Stoffe in geringerer Menge enthält. Von der ersteren Verbindung finden sich in ihm oftmals 90 und einige 90 Prozent und sein Werth ist im Allgemeinen um so höher, je reicher er daran ist. Er wird besonders gern benutzt, um ungünstige physikalische Eigenschaften des Bodens auszugleichen, und schwere, kalkarme, thonige Bodenarten werden oftmals durch eine Melioration mit Mergel dauernd verbessert.

Eine Hauptbedingung für seine Verwendung ist seine leichte Zugänglichkeit. Die Mergelgruben müssen nahe sein, denn man braucht, um 1/4 Hectar auch nur 2 % kohlensauren Kalk einzuverleiben, von einem vorzüglich reinen Mergel immerhin schon 40—50 Fuhren. In chemischer Beziehung wirkt der Mergel günstig, indem er die Salpeterbildung befördert und etwa vorhandene Säuren bindet. Als direktes Nahrungsmittel gilt er wegen seines Kalkgehaltes und der geringen Mengen von Phosphorsäure und Kali, welche er zumeist enthält. Die Mergelung wird am besten im Herbst ausgeführt. Als kohlensauren Kalk enthaltende Gelegenheitsdünger sind zu bemerken: Staub aus Kalköfen, Gaskalk, Scheidekalk aus Zuckerfabriken u. d. g.

Der gebrannte Kalk, Aetzkalk, ist das bekannte zur Mörtelbereitung benutzte Material, wie es von den Kalkbrennereien an allen

Orten geliefert wird. Bei dem Glühen der Kalksteine entweicht die Kohlensäure und der Aetzkalk bleibt zurück. Ein gut gebrannter Kalk muß bei dem Befeuchten mit Wasser sich rasch löschen, d. h. zu Pulver zerfallen. Bei dem Liegen an der Luft saugt er aus dieser Wasser auf und zerfällt ebenfalls in eine lockere Masse. Die Wirkung des Kalkes ist eine indirekte. Er beschleunigt die Zersetzung der organischen Stoffe im Boden, bindet freie Säure, beseitigt der Vegetation schädliche Einflüsse durch Oxydation von Eisenoxydulsalzen, erhöht die Absorptionsfähigkeit des Bodens und zersetzt dessen mineralische Bestandtheile. Er macht die in dem Boden vorhandenen Nährstoffe für die Pflanzen aufnehmbarer und, indem er denselben mürbt und lockert, verbessert er gleichzeitig seine physikalischen Eigenschaften.

Für strenge, bindige, kalkarme Thonböden ist eine Düngung mit gebranntem Kalk oftmals von dem allergrößten Werth. Behufs der Kalkung führt man den Kalk in Haufen an, besprengt diese mit Wasser, oder läßt sie an der Luft löschen und bringt den zerfallenen Aetzkalk so bald als möglich unter. Er verwandelt sich durch Aufnahme von Kohlensäure leicht wieder in Calciumcarbonat, als welches er dann wie Mergel wirkt und seine zersetzenden und ätzenden Eigenschaften verloren hat. Da der gebrannte Kalk die Pflanzennahrungsmittel schneller löslich macht und zur Aufnahme bringt und das Nährstoffkapital im Boden rascher umsetzt, so muß natürlich auch für eine Zufuhr desselben durch Düngung gesorgt werden. In einem Boden, der verarmt ist, wird der Kalk nichts zu lösen haben und wirkungslos bleiben. (Die Beobachtung dieser Thatsachen hat zu dem alten einseitigen Satz: „der Kalk macht reiche Väter und arme Kinder" geführt). Eine Düngung von 20—40 Centner per Hectar von 4 zu 4 Jahren wird als besonders zweckmäßig erachtet. Das Ausstreuen und Unterbringen darf nur bei trockenem Wetter erfolgen, weil sonst leicht mörtelartige Verbindungen entstehen.

Erklärung der Karten.

I. **Vertheilung der Regenmengen über Deutschland.** Entworfen von Dr. van Bebber. (Aus Wollny's Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. I. Bd. 4. Heft.) Unter Regenhöhe oder Regenmenge versteht man die Gesammtsumme der atmosphärischen Niederschläge, welche in Form von Regen, Graupel, Hagel und Schnee in dem Regenwasser gesammelt und nach dem Aufthauen der festen Niederschläge gemessen werden, und die Ziffer für die jährliche Regenhöhe gibt an, wie viel Millimeter hoch das im Laufe des Jahres gefallene Wasser die Erdoberfläche am Beobachtungsorte bedecken würde, wenn kein Abfluß und keine Verdunstung stattfände. Die durchschnittlichen Regenmengen sind mit verschiedenen Farben bezeichnet, und die kleine beigegebene Karte gestattet einen Ueberblick über die in Deutschland herrschenden Verhältnisse. Sie wird die in § 6 gemachten Angaben wesentlich vervollständigen.

II. **Verbreitung der Wärme und der Culturgewächse in Europa.** (Aus Professor Dr. Ad. Mayer's Lehrbuch der Agriculturchemie.) Die zweite Karte erläutert die in § 68 besprochenen Thatsachen und bedarf kaum einer besonderen Erklärung. Sie zeigt den Verlauf von Jahres- und Monatsisothermen und läßt deutlich erkennen, wie die Nordgrenzen unserer Culturgewächse von jenen abweichen. Verfolgt man die Grenze irgend einer der roth punktirt angegebenen Nutzpflanzen, so ergeben sich so mannigfache Schnittpunkte dieser Curven mit den Jahresisothermen, die für je 2° R. gezogen sind, daß von einem Parallelismus keine Rede sein kann.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Die Grundlagen der Pflanzencultur.

1. Kapitel. Die Luft und das Wasser.

2. Kapitel. Der Boden.

Zweiter Abschnitt.

Die Pflanze und die Produktion von organischer Substanz.

3. Kapitel. Die Pflanze nach ihren Formbestandtheilen.

4. Kapitel. Die Stoffbildung der Pflanze.

5. Kapitel. Die organischen Bestandtheile der Pflanze und ihre Erzeugung.

6. Kapitel. Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen. Die Pflanzennahrungsmittel.

7. Kapitel. Die Stoffaufnahme der Pflanze.



Geogr. Anst. von Wagner & Debes, Leipzig.

Die eingeschriebenen Zahlen (43) *bezeichnen die Regenwahrscheinlichkeit, d. h. wie viel Tage unter 100 Regentagen sind.*

C. Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg


Taf II.
Carl Winters Universitätsbuchhandlung in Heidelberg
Verbreitung
der Wärme & der Kulturgewächse
in
EUROPA.
Isothermen des Jahres
des Juli
des Januars
Grade nach Reaumur
Grenzen der Grisebach'schen Vegetationsgebiete
ATLANTISCHER OCEAN
ISLAND
Lofoten
Far-Öer
Shetland I.
Orkney I.
SCHOTTLAND
IRLAND
Dublin
ENGLAND
London
NORD SEE
DÄNEMARK
Kopenhagen
Berlin
DEUTSCHLAND
Paris
FRANKREICH
SCHWEIZ
Wien
OESTERREICH
St. Petersburg
Riga
RUSSLAND
Waldgebiet
Steppengebiet
Kaspisches Meer
Schwarzes Meer
TÜRKEI
Konstantinopel
GRIECHENLAND
Athen
Candia
Cypern
Madrid
SPANIEN
PORTUGAL
Corsika
Sardinien
Sicilien
Neapel
ITALIEN
Adriatisches Meer
MITTELLÄNDISCHES MEER
Mittelmeergebiet
AFRIKA
Sahara
Bukarest
Kasan
Tula
Orel
Orenburg
Astrachan
Tiflis
Stockholm
Christiania
Bergen
Helsingfors
Archangel
Maassstab 1:22 500,000
Geograph. Anstalt von
Wagner & Debes, Leipzig


UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 084361390